



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS UNIVERSITÁRIO – TRINDADE – CAIXA POSTAL 476

CEP. 88040-900 – FLORIANÓPOLIS – SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA -INE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Tania Lúcia Monteiro

SOLUÇÃO DE TELEFONIA IP EM UMA REDE CORPORATIVA

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Mestre em Ciência da Computação.

FLORIANÓPOLIS

Março/2003

Tania Lúcia Monteiro

**SOLUÇÃO DE TELEFONIA IP EM UMA REDE
CORPORATIVA**

Dissertação submetida à Universidade
Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Mestre em
Ciências da Computação.

Orientador: Prof. Vitório Bruno Mazzola, Dr.

Florianópolis
2002

Tania Lúcia Monteiro

SOLUÇÃO DE TELEFONIA IP EM UMA REDE CORPORATIVA

Esta tese foi julgada e aprovada para a
obtenção do grau de **Mestre em Ciências da Computação**
no **Programa de Pós-Graduação em**
Ciências da Computação da
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 11 de maio de 2003.

Prof. Fernano Álvaro O. Gauthier, Dr.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Roberto Willrich, Dr.

Prof. Vitório Bruno Mazzola, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Mario Antonio Ribeiro Dantas, Dr.

DEDICATÓRIA

Ao Prof. Dr. Vitorio Bruno Mazzola pelo
apoio e orientação, não deixando em
nenhum momento que desacreditasse na
conquista de mais esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Monteiro
À minha mãe Neusa

Para Daniel

“Apesar das ruínas e da morte
Onde sempre acabou cada ilusão
A força dos meus sonhos é tão forte
Que de tudo renasce a exaltação
E nunca as minhas mãos estão vazias”

D. Sophia de Mello Breyner

RESUMO

MONTEIRO, Tânia Lúcia. **Solução de telefonia ip em uma rede corporativa**. 2003. 186f. Florianópolis. Dissertação (mestrado em Ciência da Computação) Programa de Pós-Graduação em em Ciência da Computação, UFSC.

Uma solução de **Telefonia IP**, que compartilhe a infra-estrutura das redes de dados já instaladas, é o foco da maioria dos projetos atualmente aprovados ou em fase de viabilidade nas empresas. Tudo o que se deseja é a implementação de uma solução que possa fornecer as facilidades das redes legadas de telefonia existentes à estrutura de rede de dados já implantada, em fase de expansão ou em fase de implantação. Permitindo que o custo atual de telefonia seja diluído com a implantação de uma nova solução de telefonia. Neste trabalho, serão avaliadas e documentadas as características mais importantes de cada rede, pertencente ao um backbone privado, com relação à solução de conectividade, convergência de dados e voz , assim como protocolos utilizados. Buscando na literatura se as topologias de rede física e lógica, compiladas e em produção, satisfazem os padrões de telefonia IP ou devem ser readequadas à implantação da solução de telefonia desejada. Serão consideradas as etapas que devem ser avaliadas para a implantação de uma solução de Telefonia IP, seus fundamentos teóricos, seus protocolos de sinalização, as arquiteturas existentes, princípios que devem ser seguidos para uma qualidade de serviço – QoS adequada. Requerimentos de LAN, WAN, Telecom e Infra-estrutura, também serão considerados na escolha de uma solução de Telefonia IP que melhor possa ser proposta e se adapte as diversas realidades das Empresas.

Palavras chaves: Telefonia IP, Qualidade de Serviço (QoS), Protocolos, Arquitetura

ABSTRACT

MONTEIRO, Tânia Lúcia. **Solução de telefonia ip em uma rede corporativa.** 2003. 160f. Florianópolis. Dissertação (mestrado em Ciência da Computação) Programa de Pós-Graduação em em Ciência da Computação, UFSC.

An **IP Telephony** solution, that shares the already installed data networks infra structure, is the main point of the majority actually aproved projects or in fase to be available to companies. All that is wished is the implementation of a solution that can offer existent facilities of legacy telephony network, to the implemented, upgraded or getting implemented data network structure. Alowing the actual telephony cost to be reduced by fixing a new telephony solution. In this work, the main characteristics owned to a private backbone, relatade to the connectivity solution, data and voice convergence, just as the used protocols, will be evaluate and documented. Searching out the literature if the fisical and logical topology compiled and in production, suplies the IP Telephony standards or must be readapted to the implementation of a desired one. Phases to the implementation of a IP Telephony solution which must be considered are named, their theoretical grounds, their sign protocols, the existent architectures, principles that must be followed to get an adequated quality of service – QoS. The requirements of LAN, WAN, Telecon and infra structure that must be considered in a IP telephony choice that can fit better to the several companies realities also are named.

Key words: IP Telephony, Quality of Service (QoS), Protocols, Architecture

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS.....	14
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Motivação e Importância.....	17
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Limitações.....	18
CAPÍTULO 2 CONCEITOS RELACIONADOS À FALA E VOZ.....	20
2.1 Propriedades Básicas da Fala.....	20
2.2 Classes da Fala.....	21
2.2.1 Sons Vocálicos	21
2.2.2 Sons não Vocálicos	22
2.2.3 Sons Explosivos	22
2.3 Propriedades da Fala	24
2.4 Tipos de Codificação da Voz	25
2.4.1 Métodos para Codificação da Voz Humana	26
2.5 Seleção de algoritmos.....	34
2.6 Mean Opinion Score	38
CAPÍTULO 3 INTERNET E COMUNICAÇÃO DE VOZ –REDE DE VOIP	41

3.1 Telefonia na Internet VERSUS Telefonia Sobre a Internet.....	41
3.1.1 Telefonia na Internet	42
3.1.2 Operações de Telefonia na Internet.....	46
3.1.3 Áreas de Conflito.....	48
3.2 Telefonia Sobre a Internet.....	53
3.2.1 Obstáculos do tráfego na rede	55
3.2.2 Regras de Tráfego na LAN -Local Area Network Usando Filas nos Roteadores.....	57
CAPÍTULO 4 QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS).....	67
4.1 (QoS) Princípios.....	67
4.2 (QoS) como Mecanismo Gerencial	69
4.3 (QoS) Parâmetros	69
4.3.1 Vazão	71
4.3.2 Latência (atraso).....	71
4.3.3 – <i>Jitter</i>	74
4.3.4 Perdas	76
4.3.5 Disponibilidade	77
4.4 (QoS) Alternativas Técnicas	77
4.4.1 Alternativas Técnicas Básicas.....	79
4.4.2 Mecanismos	82
CAPÍTULO 5 TELEFONIA IP	87
5.1 A Arquitetura	87
5.2 Protocolos Relacionados à Telefonia Ip.....	92
5.2.1 Call Processing Language.....	94
5.2.2 Real Time Protocol –RTP	94

	10
5.2.3 A Recomendação H.323	98
5.2.4 Session Initiation Protocol – SIP	103
5.2.5 Session Description Protocol –SDP	108
5.2.6 Real Time Streamimg Protocol – RTSP	111
5.2.7 Gateway Location Protocol –GLP	111
5.2.8 Media Gateway Control Protocol – MGCP	112
5.3 Planejando a Rede de Telefonia IP	113
5.3.1 Requerimentos para a disponibilização da Telefonia IP.....	119
5.4 Desenhando a Rede de Telefonia IP	121
5.4.1 Modelo de Design Geral.....	122
5.4.2 Modelo de <i>Site</i> -Único	124
5.4.4 <i>Multisite</i> IP WAN com Processamento de Chamadas Distribuído	126
5.4.5 <i>Multisite</i> IP WAN com Processamento de Chamadas Centralizado.....	128
5.5 Implementando a rede de Telefonia IP	130
5.6 Operando a rede de Telefonia IP.....	134
5.6.1 Suporte Operacional e Planejamento.....	134
5.6.2 Definindo Elementos de Serviços.....	135
5.6.3 Documentando e aprovando o Plano de Suporte Operacional	136
5.6.4 Gerenciamento da Rede	137
5.6.5 Proteção das redes de Telefonia IP	138
CAPÍTULO 6 SOLUÇÕES DE MERCADO	140
6.1 Visão Geral do Mercado e Fornecedores de Solução	140
6.2 A arquitetura Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data)	144

	11
6.2.1 Possibilitando E-Business	144
6.2.2 Infra-estrutura de Rede	144
6.2.3 Telefonia IP	145
6.2.4 Benefícios da solução	146
6.2.5 Visão geral da tecnologia	148
CAPÍTULO 7 O AMBIENTE DE REDE ESTUDADO	151
7.1 Topologia Geral	151
7.2 A solução de Telefonia.....	157
7.3 Estratégias futuras, e o que muda na Topologia.....	161
CAPÍTULO 8 MATERIAIS E MÉTODOS.....	167
CAPÍTULO 9 RESULTADOS	171
CAPÍTULO 10 DISCUSSÃO	175
CAPÍTULO 11 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	177
11.1 Conclusões	177
11.2 Recomendações	179
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Trato vocal humano.....	21
Figura 2 Repetição ou Período Natural de um Som Vocálico, Plotando sua Amplitude ao Longo do Tempo.....	23
Figura 3 A força do som vocálico se atenuando em frequências altas	24
Figura 4 Criando um pulso de modulação de amplitude - PAM	28
Figura 5 Qualidade dos padrões de compressão.....	40
Figura 7 Fila, First in, first out (FIFO) resultando em pacotes enviados à interface dos roteadores na ordem de chegada	60
Figura 8 Priority Queuing e sua 4 filas distintas.....	61
Figura 9 Custom Queuing, tratamento de tráfego determinando um tamanho de espaço por fila, para cada classe de pacotes.....	63
Figura 10 Com o WFQ, Se um Alto Volume de Conversação esta Ativo, suas Taxas de Transmissão e Períodos Entre as Transmissões são mais Previsíveis	66
Figura 11 Efeito do <i>jitter</i> para as aplicações.....	75
Figura 12 Equipamentos e Componentes de Rede Envolvidos na Qualidade de Serviço (QoS).....	79
Figura 13 QoS nos hosts	81
Figura 14 Diagrama apresentando o campo IP Precedence ToS no cabeçalho de um pacote IP	84
Figura 15 Cabeçalho RTP	98
Figura 16 Zona Administrativa H323 e diversos componentes	100
Figura 17 Sinalização da Recomendação H.323 V.1	101

Figura 18 Ambiente SIP Genérico	104
Figura 19 Estabelecimento de chamada em SIP	107
Figura 20 Exemplo de uma descrição SDP	110
Figura 21 Modelo de <i>design</i> geral	123
Figura 22 Modelo de site único.....	125
Figura 23 Múltiplos <i>sites</i> com processamento independente de chamadas	126
Figura 24 <i>Multisite</i> IP WAN com processamento de chamadas distribuído	128
Figura 25 Multisite IP WAN com processamento de chamadas centralizado	130
Figura 26 Conectividade WAN da Rede Estudada.....	153
Figura 27 Conectividade WAN da Rede Estudada, Links de Radio.....	154
Figura 28 Nuvem Frame Relay como Solução de Conectividade	156
Figura 29 Solução de Telefonia legada normal	161
Figura 30 Nova topologia WLAN, através de Cisco AIRONET-350	164
Figura 31 Telefonia IP e rede Wireless, solução compartilhada	166
Figura 32 Multisite IP WAN com processamento de chamadas centralizado	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Critério de seleção para algoritmo de codificação de voz	36
Tabela 2 Série G – Comparação de codificadores de voz	36
Tabela 3 Escala de pontuação de níveis de qualidade	39
Tabela 4 Vazão Típica de Aplicações em Rede.....	71
Tabela 5 Atrasos de propagação - fibras ópticas – exemplos.....	72
Tabela 6 Descrição dos componentes da Figura 16-Zona Administrativa H323....	101
Tabela 7 Componentes Protocolo SIP	104
Tabela 8 Métodos de requisição do protocolo SIP	106
Tabela 9 Comandos do MGCP	113
Tabela 10 Equipamentos IP – Plataforma Inicial de testes	174

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Tudo se inicia com a seguinte questão, O que é Telefonia IP?

Quando o conceito de Telefonia IP surgiu, este representou uma revolução na maneira em que chamadas telefônicas de longa distância poderiam ser conduzidas. Hoje em dia, entretanto, a Telefonia IP engloba muito mais do que ligações mais baratas de longa distância para amigos e familiares. Pelas definições bibliográficas, a Telefonia IP (*Internet Protocol Telephony*) é um termo geral para tecnologias que utilizam protocolos internet, permitindo a conexão entre rede de pacotes e redes comutadas para troca de voz, fax e outras formas de informação que tradicionalmente vinham sendo transportadas através de conexões dedicadas de circuito comutado, disponibilizados pela *Public Switched Telephone Network* – PSTN. O desafio da Telefonia IP é o de entregar o pacote de voz, o de fax, ou o de vídeo, através de um fluxo confiável ao cliente. Enquanto muitos consideram que a Telefonia IP é o mecanismo para voz em tempo-real sobre uma plataforma IP, VoIP, ela, atualmente engloba muito mais do que isto, acrescentando valor à aplicações que não são especificamente de tempo-real e comunicação entre rede de pacotes e de comutação, nomeando o transporte de mensagens de voz e de fax.

Não há de se negar que o mundo das comunicações sobre uma plataforma IP (*Internet Protocol based Network*), também conhecido com “convergência”, pois se refere a integração de soluções de dados, voz e vídeo, é concebida como a tecnologia do futuro. Estudos recentes da Phillips Info Tech, apontam que 44% das empresas já se encontram no processo de migração para a Telefonia IP e que 12% de valores investidos com linhas telefônicas serão baseados em estações de linhas IP (CISCO,ARTIGO 2002A).

Atualmente o ambiente econômico tem sido o fator de maior peso, nas considerações em que os staffs responsáveis pelos investimentos nas organizações tem levado em conta na perspectiva de novos investimentos. Nenhum investimento é definido sem que haja garantias de diminuição do *total cost of ownweship-TCO* da rede, da maximização do *return on investment* – ROI, além de aperfeiçoar a capacidade de comunicação da organização. No entanto a opinião de um expressivo número de executivos, concordam em que a implantação de uma infraestrutura baseada na tecnologia e soluções IP, não é mais uma questão de “se” mas de “quando” será implementada.

A comunicação através da tecnologia IP é viável e pode perfeitamente ser implementada nas empresas. Convergindo rede de dados e voz existentes em uma plataforma simples de rede IP. Uma empresa pode reduzir seu TCO , reduzindo seus custos associados com equipamentos , manutenções, administração da rede e custos com a rede telefônica legada. Uma rede convergente, também intensifica a capacidade de comunicação das empresas, facilitando mobilidade de seus colaboradores e prove uma fundação sólida para implantação de avançados e ricos recursos de serviços e soluções. Telefonia IP, mensagens unificadas (*unified messaging*) e aplicações de centros de contato multi-canal, são exemplos destas aplicações.

É exatamente com o objetivo de reduzir o retorno de investimento (ROI), que as empresas , vem primeiramente estudando meios de reduzir o custo de propriedade de suas redes, aprimorando a comunicação hoje disponibilizada, e criando um alto valor estratégico diante de um mercado tão competitivo

Dentro deste contexto, é que surge a motivação para elaboração deste trabalho, objetivando então uma nova proposta de solução de Telefonia IP para

uma Empresa Privada, que tem seu parque instalado sobre soluções mistas de conectividade, garantindo acima de tudo sua operacionalidade com os sistemas de gestão fundamentais e existentes, atualmente implantados.

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho será fundamentada no estudo da plataforma existente, suas necessidades e requisitos para implantação de uma nova solução de Telefonia IP, de forma a poder estender a solução para todas as unidades pertencentes a base instalada. Não deixando de lado o estudo bibliográfico do tema em questão, as realidades do mercado, seus fornecedores, tendências tecnológicas para o futuro, e os planos estratégicos da Empresa.

1.1 Motivação e Importância

A motivação se da, face ao interesse de uma Empresa Privada, sediada no Oeste do Paraná, em adotar uma solução de Telefonia IP adequada eficiente e moderna, utilizando sua rede em produção, formada por uma plataforma mista, em termos de conectividade, hardware e software, possibilitando à Empresa futuramente implantá-la e usufruir de todas as facilidades que a solução proposta vier à oferecer.

O estudo sobre esta rede de soluções mistas vem compilar conceitos que além de sugerir uma solução em Telefonia IP, pode levar até a reestruturação da própria rede, servindo de documentação e fonte de consulta para futuras pesquisas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Propor modelo e solução de Telefonia IP, alavancando a infra-estrutura de rede existente na Empresa, pela utilização de telefonia IP em larga escala como

forma de reduzir gastos internos e custos de propriedade do parque instalado, assim como agregar valor aos serviços prestados a seus associados, como meta estratégica da Empresa.

1.2.2 Objetivos Específicos

Avaliar e documentar as características mais importantes de cada site pertencente ao *backbone*, com relação à solução de conectividade, convergência de dados e voz, os protocolos utilizados, buscando na literatura se as topologias de rede física e lógica, compiladas e em produção, satisfazem os padrões de telefonia IP ou devem ser readequadas à implantação da solução de telefonia desejada.

Propor alterações na rede caso o trabalho de pesquisa do item anterior aponte como necessário.

Detectar possíveis limites de processamento como consequência de limitação de banda na topologia atual, com o comprometimento da manutenção da qualidade de serviço e de escalabilidade da rede.

Propor alterações na rede caso o trabalho de pesquisa dos itens anteriores apontem como necessário.

Implantar alterações na base instalada, criando um ambiente adequado à aplicação da solução. Propor modelo e solução de telefonia IP, criando e implantando um ambiente de teste.

1.3 Limitações

Propor um modelo e solução para a implantação de uma plataforma de teste, não se podendo garantir a aquisição dos equipamentos dentro do prazo de conclusão deste trabalho. Por hora não resta dúvida da implantação de uma solução de Telefonia IP na Empresa para o ano de 2003 sendo que o cronograma de

implantação seguirá às necessidades e interesses da própria Empresa. Ficando o trabalho delimitado entre a proposição de uma solução e sua documentação. Deixando sua implementação e testes como sugestão para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 CONCEITOS RELACIONADOS À FALA E VOZ

Primeiramente deve-se entender a voz para que se possa selecionar a tecnologia apropriada para sua transmissão sobre a rede de dados. Será necessário o conhecimento das propriedades básicas da fala, incluindo sua geração, para que se saiba como é produzida e compreendida, assim como as diferentes técnicas de digitalização utilizadas. Poderão ser conhecidas as vantagens e desvantagens associadas as diferentes técnicas de digitalização de voz, o que proporcionará base para se poder optar em utilizar diferentes produtos, ou opções suportadas por estes produtos, para transmitir voz sobre a rede de dados.

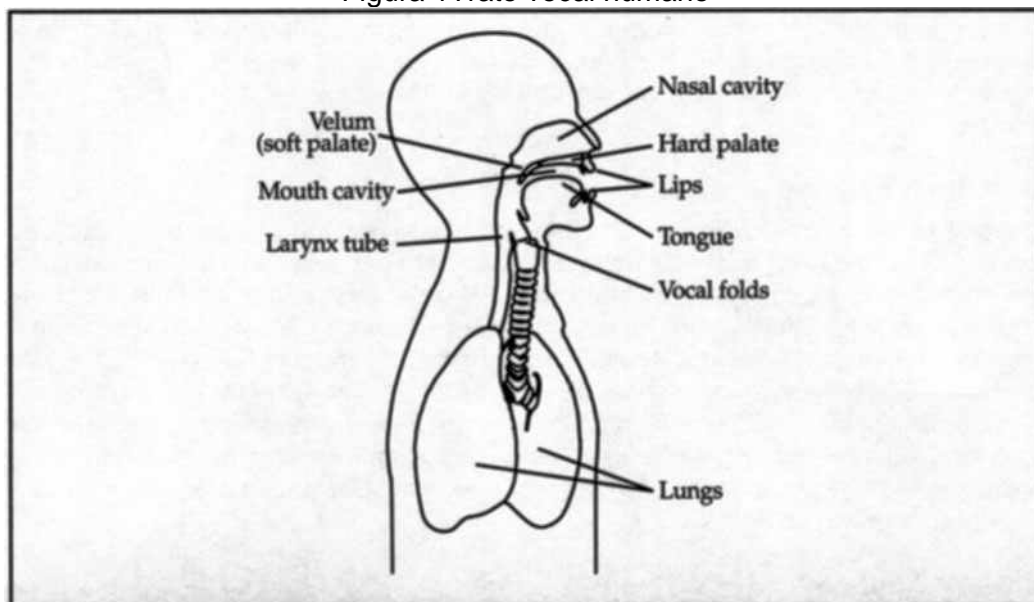
2.1 Propriedades Básicas da Fala

A voz humana é produzida quando o ar é forçado dos pulmões pelas cordas vocais através do trato vocal. As cordas vocais são formadas de dois pares de pregas de membrana mucosa que se projetam na cavidade da laringe, enquanto o trato vocal se estende da abertura nas cordas vocais, chamada glote, até a boca. No homem adulto a extensão do trato vocal é de aproximadamente 17cm, com seu corte transversal variando de zero à mais ou menos 20cm². Enquanto falamos nossos pulmões funcionam como fornecedores de ar. Quando o ar é forçado dos pulmões pelas cordas vocais e pelo trato vocal, as pregas vocais abrem e fecham, resultando em som produzido pelas reverberações das mesmas. Estas reverberações, que são formalmente chamadas de ressonâncias sonoras, ou ondas, concentram energia sonora que representa o espectro de freqüência da voz. Conforme a variação do formato do trato vocal - movendo-se a língua, por exemplo - a freqüência das ondas é controlada. O som resultante ouvido por outra pessoa

enquanto se fala é também determinado por fatores como o tamanho da abertura da boca, dos lábios, e mesmo o tamanho e intervalo entre os dentes.

A figura a seguir, ilustra o trato vocal humano e algumas partes que afetam a produção da fala. Examinando-a, nota-se que a cavidade nasal é um caminho auxiliar na criação do som. A cavidade nasal que começa no véu palatino ou palato mole, na raiz da boca, separa a cavidade oral da cavidade nasal. Quando o véu palatino está comprimido, o trato nasal se torna acusticamente “fundido” com o resto do trato vocal e muda a natureza do som produzido (HELD,2001).

Figura 1 Trato vocal humano



Fonte: Held (2001)

2.2 Classes da Fala

A maioria dos sons normalmente falados, podem ser categorizados pelo modo de excitação, em uma das três classes: sons vocais, sons não vocálicos e sons explosivos.

2.2.1 Sons Vocálicos

São produzidos quando as membranas vocais vibram como resultado da

pressão gerada pelos pulmões, suficiente para abrir as cordas vocais. Com o ar fluindo dos pulmões, as membranas vocais vibram, com a frequência da vibração baseada no comprimento e na tensão aplicada à estas membranas. Para muitas pessoas, a frequência de vibração nas membranas vocais, variam de 50- a 400-Hz e é referenciada como a “frequência” componente da voz. Os sons vocais tem um alto grau de recorrência e ocorrem em intervalos regulares de 2 e 20 ms com a amplitude sonora variando então dentro destes períodos. Constata-se que mulheres e crianças possuem uma frequência vocal média maior que a dos homens, a razão para isto é que o tamanho das cordas vocais das crianças e das mulheres é menor que a dos homens adultos.

2.2.2 Sons não Vocálicos

Referem-se ao período em que as membranas vocais estão normalmente abertas, permitindo ao ar que vem dos pulmões, passar livremente através do trato vocal. Durante este período, o espectro de frequência dos sons não sonoros são relativamente baixos, embora o sinal falado resulte em uma estrutura espectral da frequência de voz e seus harmônicos. Exemplos de sons não vocálicos, incluem *s*, *f*, *sh*, gerados através do aperto do trato vocal com o fechamento rápido dos lábios.

2.2.3 Sons Explosivos

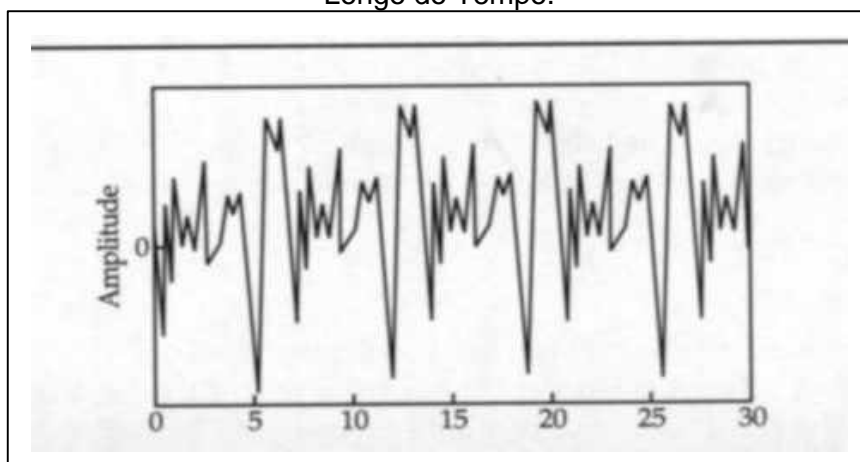
Resultam do fechamento completo do trato vocal, resultando que o ar exerça uma pressão alta atrás deste fechamento. Uma vez que o trato vocal se abre, o resultado é um som que contém uma energia de baixa frequência. Exemplos de sons explosivos são *p* e *b* que são formados pelo rápido fechamento e abertura do trato vocal.

Em adição aos sons vocais, aos não sonoros e aos explosivos, existem

alguns tipos de sons que não estão incluídos em uma categoria distinta, e são categorizados como uma mistura de classes. Um exemplo resulta da vibração e aperto das cordas vocais, no trato vocal, causando fricção da fala, estes sons são chamados de consoantes fricativas (MARTINS, 1998).

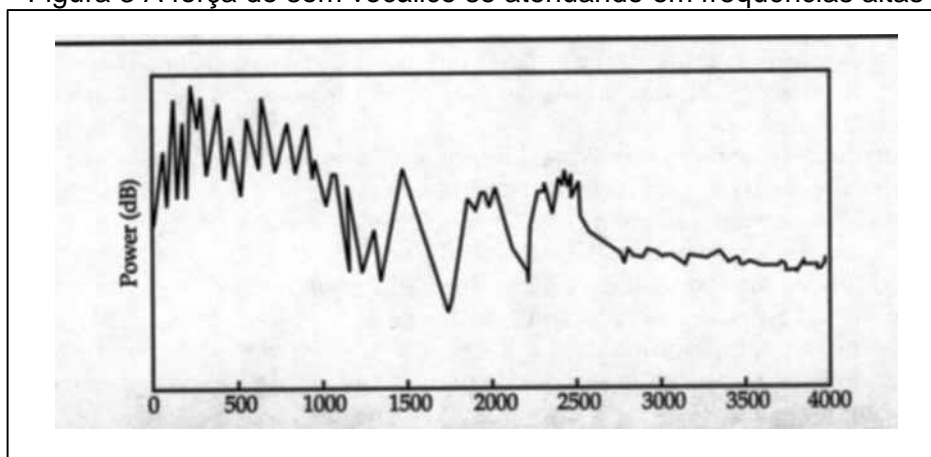
A Figura 2 , ilustra a repetição ou o período natural do som vocal sobre um pequeno incremento de tempo, que tipicamente está compreendido como já descrito anteriormente entre 2 e 20ms. A Figura 3 mostra um exemplo da força da voz, ou som vocal, que, após ressoar entre pequenos limites muito semelhantes, se alterna em componentes de frequências muito altas.

Figura 2 Repetição ou Período Natural de um Som Vocálico, Plotando sua Amplitude ao Longo do Tempo.



Fonte: Held (2001)

Figura 3 A força do som vocálico se atenuando em freqüências altas



Fonte: Held (2001)

2.3 Propriedades da Fala

Como se pode notar, muito raramente os sons emitidos por duas ou mais pessoas, são iguais. A razão para isto está na diferença da capacidade pulmonar, membranas vocais, tamanho das cordas vocais, lábios e até falhas entre os dentes.

Quando se fala os sons vocais, os não vocais e explosivos, se fundem resultando em uma banda de 4Khz.

Atualmente a faixa de freqüência dos humanos, varia entre 200Hz a mais ou menos 20.000Hz, com alguns limites de conversação num intervalo entre 300Hz e 3.000Hz até 4.000Hz. As companhias telefônicas, filtram componentes da fala abaixo de 300Hz e acima de 3.300Hz, resultando em uma linha analógica de voz tendo, 3.000Hz de banda passante.

O primeiro problema da telefonia em geral é a reprodução da voz humana, com qualidade em um terminal à distância.

Em um ambiente de telefonia totalmente analógico, isto é possível, pela transmissão da forma de onda, entre os interlocutores através de meio metálico, com possíveis amplificações analógicas, representando todavia um custo alto pela

impossibilidade de se utilizar o meio físico para a transmissão da voz em mais de uma canal. Com o advento da telefonia digital, pode-se compartilhar os meios de transmissão, tendo para isto que se codificar a voz sobre um formato digital.

2.4 Tipos de Codificação da Voz

Para que o sinal de voz possa ser transportado em uma rede de pacotes, é necessário que este seja convertido de sinal analógico para um sinal digital, e, então, possa fazer parte do campo de dados dos pacotes que irão trafegar na rede. Após ser transportada na rede sob a forma digital, a voz deve ser novamente convertida para a forma analógica no destino, de maneira a se tornar audível pelo ouvido humano. Nesta conversão analógica-digital, do processamento do sinal de voz, pode-se identificar duas etapas (XAVIER,2000):

Análise da Voz: é a parte do processamento da voz que converte o som para a forma digital, para que seja armazenada apropriadamente nos sistemas de computação, e transmitida em redes digitais. Também, chamada de *digital speech encoding*.

Síntese da Voz: é a parte do processamento de voz que converte a voz da forma digital para a forma analógica, própria para a audição humana. Também chamada de *speech decoding*.

O objetivo de qualquer método de codificação de voz, é produzir um conjunto de códigos de voz a uma taxa mínima para a transmissão, de modo que o sintetizador possa reconstruir o sinal original de voz de maneira efetiva, e ao mesmo tempo otimizar a transmissão no meio. Após a codificação, é recomendável, que seja feita uma compressão do sinal digital, para que se possa economizar banda de transmissão. A fala humana tem alguns atributos como pausas entre palavras,

longos períodos de silêncio, e variações previsíveis em amplitude que permitem uma eficiente compressão, como é o caso do método *Linear Predictive Coding (LPC)*.

O LPC é um método de compressão digital projetado especificamente para voz. Ele adapta o sinal de voz por um modelo analítico para a transmissão e depois decodifica para gerar uma voz sintética similar ou original. Existe uma variação de LPC chamada RPE-LPC (*Regular Pulse Excited – Linear Predictive Coder with a Long Term Predictor Loop*) ou GSM (*Global System for Mobile Communication*).

2.4.1 Métodos para Codificação da Voz Humana

Basicamente são usados dois métodos para codificação da voz humana:

- a) *Waveform Coding* – baseado na forma de onda
- b) *Vocoding* – (*Voice Coding*), baseado nos padrões de Voz.

O *Waveform Coding*, é um processo em que um sinal analógico é digitalizado sem requerer qualquer conhecimento de como este sinal foi produzido. Dentre as técnicas de codificação da voz humana, deve-se citar a *Pulse Code Modulation (PCM)* ou padrão. Primeiro por que o PCM é o método universal de digitalização da voz, usado pelas empresas de telecomunicações, *carriers*, para transmissão mundial através das redes públicas de telefonia. Segundo, através de seu entendimento, provê-se base para comparação de sua eficiência e reconstrução da voz, com clareza, através de outros métodos de codificação. Terceiro, por que para aplicações comerciais de extrema importância, a técnica PCM é referenciada como *toll-quality voice*. Diante disto, sua clareza, *delay* e utilização de banda, são características importantes, quando comparada a outros métodos de codificação de voz (HELD,2001).

Pode-se citar três das etapas mais importantes da Técnica PCM:

- a) amostragem;
- b) quantização;
- c) codificação.

Amostragem é o processo de medir instantaneamente valores tradicionais de um sinal analógico em intervalos regulares. O intervalo entre as amostras é determinado por um pulso de sincronismo e a sua frequência é chamada de taxa de amostragem. A técnica PCM é baseada diretamente no Teorema de Nyquist que faz uma amostragem de no mínimo duas vezes a máxima frequência do sinal para que este seja fielmente reconstruído. Para o sinal de áudio tem-se uma taxa de 8.000 amostras por segundo e usa uma quantificação de 7 ou 8 bits, resultando em taxas de 56 ou 64Kbps respectivamente. Importante citar que a técnica PCM somente suporta compressão em amplitude.

Embora o canal padrão de voz seja filtrado para produzir uma frequência entre 300Hz e aproximadamente 3.000Hz, na atualidade os filtros não funcionam instantaneamente e permitem que falas passem abaixo de 300hz e acima de 3.000Hz. Como resultado, a banda passante pode se estender a aproximadamente 4.000Hz, resultando então em uma taxa de amostragem de 8.000 amostras por segundo.

O processo de amostragem resulta em uma série de segmentos de amplitude que formam um pulso de modulação de amplitude (PAM) de onda, que podem ter um infinito número de voltagens. O segundo passo no processo de *Pulse Code Modulation* - PCM é chamado de *quantização* e reduz os sinais de PAM em um número limitado de discretos valores de amplitude.

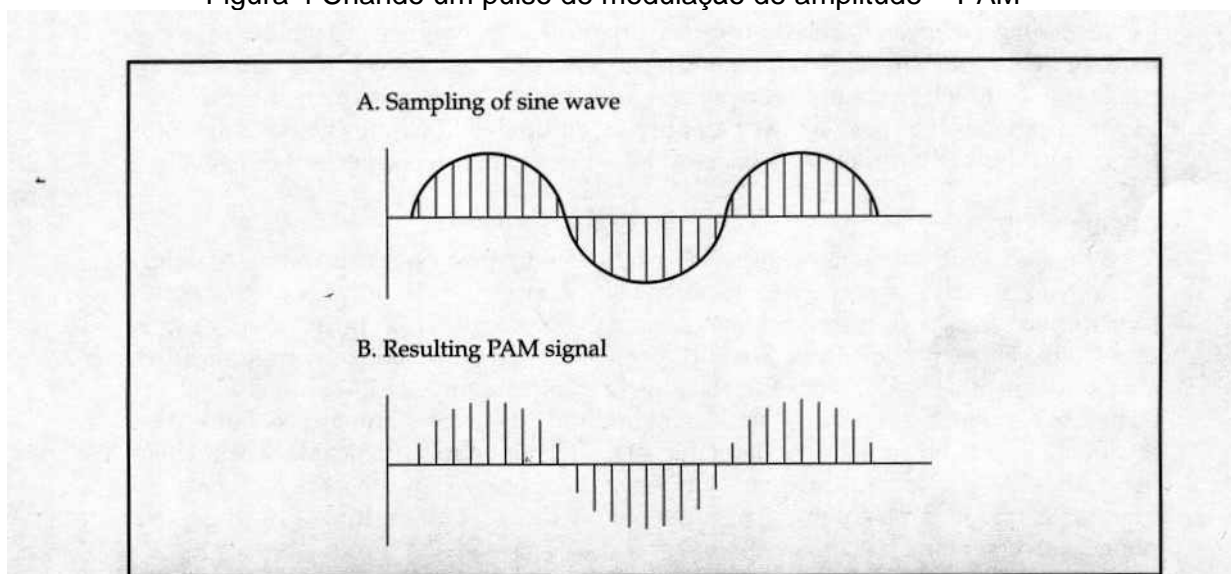
Quantificação é a codificação de cada amostra de PAM em valores discretos,

ou seja o número de bits necessários para se representar cada amostra, sem que se perca a qualidade do sinal amostrado, Figura 4.

Quando se examina o intervalo de intensidades de voz sobre um canal telefônico analógico, de aproximadamente de 60-dB, necessita-se de 12 bits para cada amostra, se for utilizada uma quantificação linear, também conhecida como quantificação uniforme. Embora o uso de quantificação linear seja simples e econômica de se implementar, seu uso requer uma quantidade excessiva de banda que poderia ser reduzida através da técnica de quantificação não linear. Um segundo método que pode ser usado para reduzir o número de bits requeridos por amostras se faz através de compressão ou *compand* do sinal antes mesmo da quantificação, seguido então da quantificação uniforme. Atualmente quantificação.

Sistemas PCM, ou pelo menos sua maioria usam *companding* seguido de quantificação uniforme para reduzir o número de bits necessários para codificar cada amostra PCM em 8 bits. *Compandor* é um termo derivado de compressor – *expandor*, (HELD,2001).

Figura 4 Criando um pulso de modulação de amplitude - PAM



Fonte: Held (2001)

É importante notar qual amostras individuais com diferentes medições

analógicas podem ser associadas a um mesmo valor discreto após serem quantificadas. O erro de arredondamento introduzido aqui por um número finito de bits por amostra é chamado de erro de quantificação, e é percebido pelo ouvido humano se for muito grande, no entanto, esta perda de informação é muito pequena sendo considerada desprezível.

Quantificação Não Uniforme é baseada no fato de que existe uma grande probabilidade de ocorrer sinais de baixa intensidade do que sinais de alta intensidade. Passos maiores (*larger steps*) de quantificação são usados para codificar parcelas de alta amplitude em um sinal. Inversamente, (*finer steps*) passos menores de quantificação são usados para codificar baixas amplitudes de um sinal.

Codificação, os dispositivos que realizam a digitalização são chamados *coders*. Os *coders*, incluem conversores analógico-digitais, que realizam a função de digitalização, e módulos de análise, que posteriormente processarão o sinal de voz para reduzir a taxa e prepará-los para transmissão. O processo reverso usa módulos de sintetização para decodificar o sinal digital e conversores digital-analógicos para reverter o sinal de volta para a forma analógica.

A relação sinal-ruído, expressa em decibéis, é usada para apurar a qualidade de voz. Em aplicações de telefonia, os *coders* são projetados para garantir uma relação sinal-ruído acima de 30dB na maior parte de sua faixa, de maneira que o sinal de voz possa ser inteligível pelo ouvido humano (HELD,2001).

A técnica de codificação *Adaptive Differential PCM (ADPCM)*, usa estimativas baseadas em duas amostras quantificadas e consecutivas para reduzir os requisitos de banda de rede pela metade.

A recomendação G.727 do *International Telecommunication Union – Telecommunication* – ITU-T contém a especificação de um algoritmo de modulação

diferencial adaptativo (ADPCM) com 5,4,3, e 2 bits por amostra, gerando taxas de 40, 32, 24 e 16 Kbps e define os procedimentos para um *coder*, que a partir de um canal PCM de 64Kbps, oriundos da digitalização de um sinal analógico de voz, gera um canal ADPCM de taxa variável. Os algoritmos ADPCM são recomendados para uso na operação de sistemas de empacotamento de voz, de acordo com o *Packetized Voice Protocol (PVP)* especificado no *Draft Recommendation G.764*.

ADPCM é uma opção popular suportada por vários produtos de voz sobre IP e voz sobre *Frame-relay*, isto deve-se ao fato que ADPCM pode operar em uma taxa abaixo de 25% da técnica PCM, proporcionando mesmo assim voz em *toll-quality*.

O PVP é capaz de atenuar o congestionamento, modificando o tamanho do pacote de voz quando necessário. Utilizando propriedades deste algoritmo, os bits menos significativos de cada *codeword* podem ser descartados em pontos de empacotamento e/ou nós intermediários para atenuar o congestionamento, permitindo um desempenho muito melhor que simplesmente descartar pacotes inteiros quando da ocorrência dos mesmos.

Portanto, o ADPCM tem a capacidade de descartar bits para fora do processo de codificação e decodificação, proporcionando a redução da taxa de codificação de bits em qualquer ponto da rede sem a necessidade de coordenação entre transmissor e o receptor. Entretanto, o receptor deve ser informado pelo transmissor da taxa e do método de codificação.

Esses algoritmos são capazes de lidar com tráfego de características imprevisíveis como os de rajada, que requerem tratamento de congestionamento. Caso das redes baseadas no protocolo IP, como a Internet, onde podem ocorrer descarte de pacotes, em razão de congestionamento.

Para conexões intercontinentais, é comum o uso do ADPCM a 32 ou 40Kbps, melhorando a eficiência da transmissão de voz. Os padrões ITU-T para ADPCM suportam a mesma largura de banda que o PCM, mas permitem uma relação sinal-ruído em cerca de 21dB a 32Kbps (G.721) e cerca de 28dB a 40Kbps (G.726). Também são comuns, *coder* e *decoders* proprietários que suportam largura de banda reduzida, tendo a relação sinal-ruído aproximadamente de 28dB (XAVIER,2000).

Vocoding é baseado na suposição de que a fala é produzida excitando-se um sistema linear por meio de uma série de pulsos periódicos para os sons vocais ou barulhos ocasionais para sons não vocais. O modelo de fala produzido por um *vocoder* genérico assume que quando um som vocal ocorre, a distância entre uma série periódica de impulsos, representa o período de entonação. O modelo também assume que falas não vocais resultantes da pressão do ar dos pulmões soprando através da constrição do trato vocal, podem ser modeladas por uma sequência de barulhos ocasionais.

O processo de *vocoding*, resulta em que o dispositivo transmissor analisa as várias propriedades da fala, selecionando os parâmetros apropriados e o nível de excitação que melhor corresponde a voz de origem a ser codificada. Em vez de digitalizar o sinal analógico, o *vocoder* digitaliza os parâmetros modelados e o nível de excitação, que serão então transmitidos para um *vocoder* receptor. No *vocoder* receptor, os parâmetros modelados e o nível de excitação são usados para sintetizar a fala. Os parâmetros modelados são chamados de *data frame* e incluem o seguinte:

- a) Um parâmetro binário especificando se a fonte de excitação é vocal ou não;

- b) um valor para a energia de excitação;
- c) um valor para o tom.

A forma de onda do sinal de voz, é analisada a cada 10 a 25ms, quando então calcula-se um novo conjunto de parâmetros ao fim de cada período. A frequência de *data frames* é usada remotamente para controlar a sintetização do sinal.

A vantagem principal associada ao uso de *vocoders*, é a habilidade em produzir “fala inteligente” a uma taxa muito baixa de bits. Frequentemente separam os parâmetros de excitação (tom, ganho e indicação de existência ou não de som vocal) que são transportados individualmente no *data frame*, de maneira que cada uma destas variáveis possam ser modificadas separadamente antes ou durante a sintetização. As taxas geradas pelos *vocoders* vão desde 1.200 a 8.000bps. Dependendo do modelo usado, o resultado sintetizado pode parecer não natural e desajeitado. A razão é que os *vocoders* geram a voz em uma qualidade inferior a de *toll-quality*, devido ao fato de que os ouvidos humanos são imensamente sensíveis a entonação e as características do trato vocal, fazendo que uma modelagem precisa seja dificultada.

Um outro problema associado com o uso de *vocoders* resulta do fato de que a modelagem da fala considera som vocais e não vocais, não incluindo estados intermediários. Devido a este problema, existe alguns tipos populares de *vocoders* que tiveram em seu desenvolvimento um tipo híbrido de codificador, que produz um som mais natural, mantendo uma relativa taxa baixa de bits.

Os processos de *Vocoding* que parametricamente representam fonte de excitação, utilizam métodos de predição linear baseados em *Linear Predictive Coders* - *LPC*. A análise *LPC* é um processo realizado no domínio do tempo, e

permite tratar vários aspectos da fala humana, de forma parametrizada, como seu espectro, suas frequências fundamentais, seu tom e outras características do trato vocal.

Os atributos dos *vocoders* são usados pelo desenvolvedor da aplicação de multimídia ou de telefonia para selecionar aquele que mais se enquadra nos requisitos da aplicação.

A qualidade de voz produzida pelo processo de codificação é uma função da taxa de compressão, da complexidade e do tempo de processamento (retardo). Os desenvolvedores de aplicações devem analisar todos estes quesitos, que possuem uma grande interdependência entre si e podem ser até mesmo conflitantes. Por exemplo um *vocoder* com uma taxa de compressão alta tende a levar mais tempo na compressão da voz do que um *vocoder* com baixa taxa de compressão. Isto acarreta o uso de algoritmos de alta compressão, que por sua vez necessitam de um circuito VLSI de grande complexidade, para realizar seu trabalho, de modo a não aumentar o tempo de processamento (retardo). Em geral, os *vocoders* de taxa de compressão alta produzem um sinal de voz de qualidade mais baixa do que os *vocoders* de baixa taxa de compressão, pois a compressão, muitas vezes, retira informação do sinal original.

O retardo (*delay*) é composto de 3 grandes fatores:

- a) retardo do quadro;
- b) retardo do processamento do sinal de voz;
- c) retardo de *Bridging*.

Em geral *vocoders* de alta taxa de compressão processam os *data frames* de voz, um de cada vez, de maneira que os parâmetros possam ser atualizados e transmitidos para cada *frame*. Consequentemente, antes da análise da voz é

necessário armazenar o *frame* com as suas amostras. Este retardo é chamado de *algorithmic delay*. As vezes é necessário analisar o sinal além dos limites do *frame*, quando então as amostras adicionais devem ser armazenadas, gerando um retardo adicional.

Já o retardo de processamento do sinal de voz, origina-se do tempo de processamento necessário para o *coder* analisar a voz e o respectivo tempo para o *decoder* reconstituí-la. Este tempo depende da velocidade de hardware utilizado no *vocoder*. A combinação deste com o anterior é chamado *one way system delay*, cujo valor máximo de tolerância é de 400ms, e o valor ideal deve ser menor que 200ms. Se considerarmos a existência de ecos, o valor máximo cai para 20 a 25ms, para diminuir o efeito do eco. A existência de eco é mais crítica quando este aparece sozinho sem nenhum sinal para se sobrepor a ele. Portanto, quanto maior o retardo, maior a chance do sinal de eco existir sozinho na comunicação.

O retardo de *Bridging*, ocorre nas aplicações de teleconferência, onde é necessário interligar vários usuários através de uma unidade de controle multiponto (MCU), a fim de permitir que os usuários possam se comunicar uns com os outros. Este procedimento, requer a decodificação de cada sinal separadamente, e então a soma de todos os sinais decodificados em um sinal, que é recodificado em um único sinal combinado. Este procedimento duplica o retardo e reduz a qualidade do sinal devido as múltiplas codificações. Um sistema deste tipo pode tolerar um retardo máximo de 100ms, porque o processo de codificação/decodificação que ocorre na MCU duplicará o *one way system delay* para 200ms (XAVIER,2000)(HELD,2001)

2.5 Seleção de algoritmos

Embora tudo aponte para opção de se selecionar um algoritmo de

compressão de voz que use a menor quantidade de banda, o uso deste tipo de métrica pode não resultar na seleção de um algoritmo apropriado. Quando a banda é um importante critério de seleção, existem áreas adicionais que devem ser investigadas. A Tabela 1 lista sete questões para se estabelecer critérios de seleção de algoritmo, que devem ser respondidas. Para facilitar as respostas de cinco das sete questões, a Tabela 2 mostra a comparação de cinco recomendações de voz da série G. Cuidadosamente comparando a resposta de cada questão contida na Tabela 1 com as informações contidas na Tabela 2, mais os requerimentos de cada aplicação específica, pode-se selecionar o algoritmos de compressão de voz mais apropriado e que satisfaça os requerimentos específicos de cada aplicação. Entretanto vale ressaltar que os valores MOS (*Mean Opinion Score*) listados na Tabela 2, são opiniões e não fatos científicos, e que o *delay* de codificação representa um *delay* resultante de uma amostra da fala. Quando um relativo e longo *delay* é indesejado em algum tipo de ambiente de aplicação, é importante se notar que o *delay* de codificação é apenas um componente do *delay end-to-end*. Se os outros componentes são nominais, é possível se usar um codificador com um longo *delay* mas que consuma pouca banda, caso a banda seja uma restrição. Entretanto, se a latencia é a principal restrição, então a opção de um codificador que consuma maior banda representa a melhor solução.

Tabela 1 Critério de seleção para algoritmo de codificação de voz

Que tipo de codificação de banda o algoritmo requer? O algoritmo gerará alta qualidade de voz ou somente fala “inteligente”. Outros fabricantes suportam interoperabilidade baseada no algoritmo a ser considerado? O algoritmo é padronizado?	Qual é o <i>delay end-to end</i> , associado ao algoritmo? O algoritmo é recomendado para ser utilizado em redes de pacotes? O algoritmo passa fax e/ou modulação de modem ou sinalização semelhante?
---	---

Fonte: Held (2001)

Tabela 2 Série G – Comparação de codificadores de voz

Standard	Description	Bandwidth(Kbps)	MOS	Coding Delay
G.711	PCM	64	4.3	1.0µs
G.721	ADPCM	32,16,24,40	4.0	1.25µs
G.728	LD-CELP	16	4,0	2.5ms
G.729	CS-ACELP	8	4.0	15.0ms
G.723.1	Muti-rate CELP	6.3	3.8	67.5ms
		5.3	3.6	67.5ms

Fonte: Held (2001)

Vários algoritmos passíveis de serem executados nos microcomputadores atuais, são compatíveis com os padrões G.729, G729A e G723 [ITU 96]. Tem-se também o G.728 [ITU 92], contudo, sua taxa de 16 Kbps é considerada muito alta para aplicações sobre o protocolo IP.

O padrão G.729 [ITU 96A], também chamado de *Conjugate-Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction – CS-ACEL*, é um algoritmo de codificação que gera uma taxa de 8Kbps, com boa qualidade de voz. Sendo projetado originalmente para ambientes sem fio, também pode ser usado para comunicação de multimídia e em redes de dados, possuindo um retardo de processamento de ordem de 15 ms. O anexo A da recomendação G729 (G729 A) descreve uma versão simplificada deste algoritmo. Sendo projetado especificamente para aplicações que necessitam de integração de voz e dados. São muito comuns em pequenos ambientes de escritório, que permitem comunicação de multimídia a uma

taxa de transmissão baixa. Estes *vocoders* usam a mesma formatação de bits e podem operar uns com os outros.

A recomendação ITU-T G723 foi originalmente projetada para comunicação multimídia em videofones, a uma taxa de 6,3 e 5,3Kbps, com retardo de 30ms. Para as aplicações onde o retardo é crítico, este padrão torna-se intolerável. Entretanto, se não for o caso, o padrão G723 é uma excelente alternativa ao padrão G.729, com menor complexidade e maior compressão, às custas de uma pequena degradação na qualidade de voz.

A recomendação G728 contém a descrição de um algoritmo para codificação de sinais de voz a uma taxa de 16 Kbps, também chamada de *Low-Delay Code Excited Liner Prediction - LD-CELP*.

O objetivo dos algoritmos acima citados é o de reduzir a taxa de codificação do sinal de voz, com fins de armazenamento ou transmissão, e ao mesmo tempo manter um nível aceitável de qualidade para as aplicações em questão. Nível este que é considerado aceitável se estiver bem próximo possível da qualidade no serviço tradicional de telefonia (*Toll-Quality*).

As aplicações de voz em redes de dados, como a Internet e as Intranets, podem ser dedicadas ou estarem baseadas em aplicações de multimídia. Como aplicações de multimídia comportam vários tipos diferentes de mídia, o sinal de voz já codificado compartilha o meio de comunicação com outros sinais .

Em princípio, a utilização de um único *vocoder* específico possa ser desejável por questões de otimização, contudo, é mais econômico adaptar o *vocoder* para cada aplicação em si. Esta é a razão de existirem vários padrões, como os acima citados, e a escolha apropriada de um deles é um grande desafio.

Como pode-se observar, a compressão dos sons é a chave para permitir a

tecnologia prover novos serviços de voz baseados em redes de dados. Os processadores de sinal (*Digital Signal Processors* - DSP) têm progredido a ponto de permitir se atingir uma boa qualidade de voz. Apesar da tecnologia de análise de voz e sintetização de voz através de *vocoders* ter sido muito utilizada, esta tem um problema, que é a produção de um sinal metálico robotizado. No entanto, isto tem mudado dramaticamente nos últimos anos, e um grande esforço tem sido feito para testar a qualidade de voz produzida pelos algoritmos propostos.

A medida usada para comparar estes algoritmos procura verificar como a voz soa em condições ideais, como uma voz pura, sem erros de transmissão e utilizando somente um tipo de codificação.

2.6 Mean Opinion Score

Uma das mais importantes características de uma técnica de digitalização de voz é a clareza do sinal reconstruído. O *Mean Opinion Score* – MOS, representa a avaliação da qualidade da voz, elaborada, juntando a opinião de um grupo de pessoas localizadas em um local de teste estéril.

O escore obtido é baseado através de uma escala de cinco pontos cujos valores estão listados e descritos na Tabela 3. É importante notar que os escores obtidos através do MOS, são subjetivos e o *background* e a herança cultural das pessoas, assim como com as mensagens que elas ouvem, são fatores importantes na determinação da média do escore MOS.

Como indicado na tabela abaixo, o maior MOS escore é melhor que o menor MOS escore. Baseado no trabalho do Dr. Grace Rudkin, que publicou no BT Journal em abril de 1997; 64Kbps PCM recebeu 4.3 MOS.

Existem 2 tipos de padrões ITU, que relatam o método MOS e devem ser

mencionados – P.800 e P.861. O padrão P.800 define um método que deriva o MOS, através da gravação de amostras de voz sobre diferentes meios e reproduzindo-as novamente para um grupo misto de pessoas em condições controladas. Em comparação, o padrão P.861 que é intitulado *Perceptual Speech Quality Measurement*, automatiza o processo, definindo um algoritmo através do qual cada computador pode derivar escores que tiveram uma correlação muito próxima com os MOS escores (HELD,2001).

Tabela 3 Escala de pontuação de níveis de qualidade

Nota	Significado
1	Ruim: ininteligível , não é possível entender a mensagem decodificada. Possui interrupções horríveis devido às degradações
2	Pobre: o sinal possui interrupções devido às degradações, tem-se que fazer um esforço considerável para entender alguns trechos
3	Moderado: a qualidade da voz é ruim, as degradações incomodam , porém não tem interrupções e ainda consegue-se entender a mensagem (requer esforço moderado)
4	Bom: a voz é agradável de se ouvir, ou seja, percebe-se de gradações mas não chegar a incomodar, pois são mínimas (nenhum esforço apreciável é requerido)
5	Excelente: não consegue-se diferenciar o trecho original como corrompido, ou seja, não percebe-se a degradação do sinal (nenhum esforço é requerido)

Fonte: Xavier (2000)

Normalmente, o teste inclui uma seleção diversa de material. A Tabela 2 mostra a MOS dos algoritmos de compressão citados anteriormente.

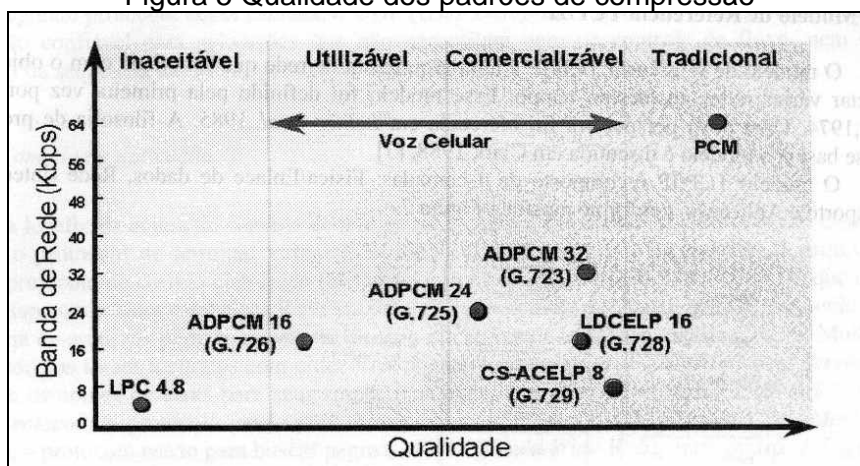
É razoável se esperar que quanto mais o sinal de voz é comprimido, maior é a perda da sua inteligibilidade, como também pode-se verificar na Tabela 2. Desde o padrão G711 até o padrão G728 tem-se um aumento de compressão de 2:1, com a respectiva queda de qualidade, segundo o critério MOS de 4,3 para 4,0. Isto é comum em algoritmos de compressão do tipo *Waveform Coding*.

Entretanto o emprego da compressão nas técnicas de *Vocoding*, não causa uma perda tão significativa de qualidade do sinal, como é o caso do padrão G723.1 cuja compressão em relação ao PCM (64Kbps) aumenta e a taxa em Kps passa

para 5,3/6,3 , alterando proporcionalmente muito pouco o índice MOS que cai de 4,3 para 3,6.

Portanto para aplicações que transmitem voz sobre redes de dados, as técnicas de compressão *Vocoding* são mais indicadas. A Figura 5 mostra os diversos padrões de compressão e seu grau de aceitabilidade.

Figura 5 Qualidade dos padrões de compressão



Fonte: Xavier (2000)

CAPÍTULO 3 INTERNET E COMUNICAÇÃO DE VOZ –REDE DE VOIP

3.1 Telefonia na Internet VERSUS Telefonia Sobre a Internet

A Telefonia na Internet é um termo usado primeiramente no que se refere a utilização de um software em conjunto com uma placa de som e um microfone, para prover aos usuários de PC, individual, a habilidade de iniciar e receber chamadas pela Internet. É uma aplicação importante e seu contínuo crescimento é inevitável. Entretanto, no que se refere ao uso de um “instrumento” separado, em vez de um telefone em um PC, o que em muitas organizações esta conectado a um PBX, provendo chamadas entrantes e saíntes via uma rede privativa da organização ou pela rede pública de telefonia (PSTN). Pode-se afirmar que a telefonia na Internet, representa mais do que uma solução individual, sendo uma solução organizacional de voz sobre a Internet. Existem vários métodos que podem permitir o transporte da voz via uma rede IP, e que para muitas organizações uma mistura desses métodos são requeridos para satisfazerem necessidades internas e externas . Sendo que as necessidades externas normalmente estão voltadas para que clientes que via Internet, fazem acesso ao *help-desk*, ou alguma outra facilidade operacionalizada pela organização. Tentarse-á elucidar a diferença entre a “telefonia na Internet” e a “telefonia dentro da Internet” ligada ao conceito de uma conexão indireta de um telefone padrão à Internet.

Sobre telefonia na Internet e telefonia sobre a Internet, pode-se parafrasear - “duas grandes técnicas, separadas por incompatibilidades técnicas”. Como é esperado e já se verifica, que o uso de ambas as técnicas cada vez mais se intensifique, elas serão cada vez mais projetadas para satisfazer diferentes usuários

e necessidades organizacionais, o que fatalmente levará a incorporação de diferentes tecnologias para satisfazer estes requerimentos (HELD,2001) (BATES,2001).

3.1.1Telefonia na Internet

Neste estudo, o termo telefonia na Internet, se referirá à transmissões digitalizadas de conversação de voz sobre a Internet por um PC individual. A tecnologia associada com a telefonia na Internet, esta antes de mais nada baseada na utilização de placas de som instaladas em um PC, um microfone ligado à placa de som e um software apropriado. Entretanto mais adiante, poderá se notar que existem outras questões a serem consideradas da telefonia na Internet quando se desejar um transporte “phone-to-phone” sobre uma rede IP, ou “PC-to-PC” e um “PC-to-phone”. Cria-se uma dificuldade em separar estas técnicas como métodos individuais, usados por um cliente ou como técnicas individuais cumulativas usada no mundo dos negócios, portanto serão tratadas como comunicação de voz via rede.

A operação básica de um sistema de telefonia na Internet, inicia quando uma pessoa fala em um microfone. O microfone esta adequadamente ligado a uma placa de som instalada em um computador, o que aceita uma forma de onda analógica e a converte em um *stream* de dados digitalizado. O software para telefonia na Internet, instalado no computador pega o *stream* de dados, o que normalmente é representado por 64-Kbps PCM ou a 32-Kbps ADPCM (codificador de voz) e comprime a uma taxa baixa de dados baseado no uso de um padrão proprietário ou uma técnica padronizada de compressão de voz. Uma vez que a compressão do *stream* de dados esteja completa, o software empacota o *stream* da dados

digitalizado e comprimido, em pacotes, e utiliza um protocolo de transmissão sobre a Internet. Muitos dos produtos de telefonia na Internet foram primeiramente desenvolvidos para suportar conexão via modem, entretanto os produtos mais modernos também suportam operações “LAN-based” quando a rede local - LAN esta conectada a Internet.

Existem dois protocolos de transporte, primordiais usados nas sessões de telefonia na Internet. O TCP é usado para transportar endereçamento e informações de diretório, enquanto que o UDP é usado para transferências atuais de pacotes de voz digitalizados. Embora a atual facilidade em digitalizar uma voz através de um microfone por meio de um simples processo. Diferenças na maneira que as conexões são estabelecidas sobre a Internet, nos métodos de digitalização de voz, e os frames de exemplos de voz digitalizados, resultam em um alto grau de incompatibilidade entre fornecedores de produtos.

Outro aspecto interessante a ser discutido são os interesses econômicos associados a telefonia na Internet juntamente com suas operações básicas.

Qualquer discussão sobre aspectos econômicos associados a acessos à Internet, devem considerar o método do acesso que esta sendo utilizado. Existem dois métodos básicos associados com acesso a Internet; discado (*dial-up*) e uma conexão direta. O acesso *dial-up* é baseado em uma transmissão usando Serial Interface Protocol (SLIP) ou o *Point-to-point Protocol* -PPP, ponto a ponto, para acessos via rede à devices dos Provedores de Serviços Internet.

SLIP vs. PPP – a diferença chave entre o SLIP e o PPP é o fato de que a interface serial (*Serial Line*) requer ao usuário saber o endereço IP designado ao seu computador, pelo seu provedor de Internet, assim como o endereço IP do sistema remoto que o computador irá chamar. Se o provedor designa endereços IP

dinamicamente, o software SLIP que estiver operando no computador local, tem que ser capaz de se ajustar automaticamente a endereços IP designados. Em contrapartida, o operador do computador local, pode ter que configurar alguns parametros TCP/IP, como Maximum Transmission Unit -MTU, Maximum Receiver Unit- MRU e o uso de compressão de Van Jacobson VJ, o que resulta em um SLIP funcionando como CLSIP (SLIP comprimido).

O PPP tem alguns benefícios sobre o SLIP. Estes benefícios incluem negociação de parametros de configuração no estabelecimento da conexão e dois métodos seguros para logins de acessos remotos. Devido ao fato do PPP negociar parametros de configuração no início da sessão, seu uso, simplifica consideravelmente a configuração de uma conexão PPP. Com relação a segurança, o PPP suporta o protocolo de autenticação de password , *Password Authentication Protocol* - PAP e o *Challenge – Handshake Authentication Protocol* – CHAP. A seleção entre ambos os métodos permite ao computador local automaticamente transmitir uma identificação previamente digitada, user-ID e uma *password* associada para o sistema remoto.

Quanto ao acesso dedicado, normalmente associado a conexão de um grupo de assinantes localizados em um prédio, empresa, ou campus universitário. Usuários deste tipo de acesso são conectados a uma rede local corporativa, sendo esta, conectada a um provedor por meio de um roteador, e uma linha alugada. Esta linha, não termina no servidor de comunicação do provedor de internet, mas sim em um *router* multi portas conectado a uma rede local. Cada usuário comumente opera um browser, no topo da pilha do protocolo TCP/IP, que pode ser obtido por um fornecedor qualquer ou através dos sistemas operacionais que disponibilizem esta facilidade.

Com relação a estrutura tarifária, pode-se acrescentar: em uma conexão discada individual, alguns Provedores de Acesso a Internet oferecem uma estrutura de tarifa *Flat*, mensal para uso ilimitado. Quando este tipo de estrutura de precificação é utilizada essencialmente, não existirá custo adicional quando o associado desejar executar uma transmissão de voz sobre a Internet, diferentemente de alguns fornecedores que fornecem um serviço de gateway de voz. O serviço de *gateway* de voz, capacita as chamadas roteadas via Internet, a serem discadas/direcionadas a rede pública de telefonia em seus destinos finais. O gateway de voz é programado para aceitar chamadas de uma conta cuja forma de cobrança foi pré-definida ou uma conta cuja cobrança será proporcional a quanto se utilizar, baseada na utilização de “cartões digitais” ou através do uso de débito em um cartão de crédito. Uma vez que o acesso é autorizado, o *gateway* de voz irá encaminhar a chamada para o número telefônico desejado, tarifando o usuário por uma ligação local ou por uma chamada de longa distância que por sua vez é mais econômica porque a operadora do *gateway* pode adquirir um bloco de minutos a uma tarifa mais baixa que um indivíduo poderia obter. O uso do *gateway* de voz é mais eficiente quando conduzindo chamadas internacionais de longa distância.

Existem dois métodos básicos utilizados pelos Provedores de Internet para de tarifarem uma conexão dedicada: A primeira é através de uma tarifa *Flat* mensal baseada na taxa operacional da conexão contratada (64, 256, 1,544 Mbps), dependendo da capacidade e custo da conexão corrente. Se existe uma capacidade suficiente na linha contratada para a transmissão de voz, então o custo da transmissão esta limitado as despesas associadas ao investimentos de hardware, software, etc., do provedor. Se não existir capacidade suficiente da linha de conexão, então o custo associado com a transmissão de voz, requer

estabelecimento de custos adicionais para a ampliação da conexão atual por outra de maior velocidade.

O segundo método popular de tarifação pelos provedores esta baseado na utilização da linha contratada. Alguns provedores instalam uma conexão T1 que é tarifada através de um custo básico mensal pela linha mais a carga de utilização, que será calculada mais tarde pela percentagem media de utilização, ou por uma percentagem fixa de utilização, ou por uma métrica similar, computada por um período de 24 horas. Este tipo de tarifação é mais difícil de usar quando se deseja estimar o custo de transmissão de voz, pois é necessário determinar o potencial efeito de transmissão e recepção da voz digitalizada no nível de utilização da conexão contratada pela organização. É necessário estimar antecipadamente o volume de transmissão de voz, a fim de que se possa determinar se o uso da Internet para transmitir voz, através de certos tipos de conexões dedicadas, são economicamente viáveis. Felizmente os relatórios de PBX corporativos e as contas das operadoras representam duas fontes viáveis para obtenção da informação necessária para se chegar a uma estreita decisão econômica.

3.1.2 Operações de Telefonia na Internet

A configuração atual requerida à um PC, para que o mesmo execute operações de telefonia na Internet, depende do software utilizado. Os softwares operam sobre específicos Sistemas Operacionais, interfaces com a placa de som para compressão da voz recebida via um microfone ligado a própria placa, e o conjunto coordenado com uma conexão TCP/IP, SLIP ou PPP. Originalmente a maioria das placas de som eram half-duplex, mas atualmente a maioria das placas de som operam no modo full-duplex, possibilitando ambas as parte falarem ao mesmo tempo.

Originalmente, os softwares que disponibilizavam telefonia na Internet eram baseados no uso de um servidor de “serviço de diretórios”. Para iniciar uma chamada, usa-se um software ou programa no computador que deverá acessar o diretório do fabricante deste mesmo software. A outra parte deve estar logada a um Provedor de Serviço Internet e ter em sua máquina o mesmo software para que a chamada seja recebida. Outros softwares disponibilizam um diretório com uma lista de usuários conectados em salas de conversação (chats) como um mecanismo para permitir que usuários encontrem seus amigos através do globo. Ainda um outra opção de software possibilitou o acesso direto, permitindo que através do conhecimento do endereço IP de destino, seja estabelecida uma chamada, tendo o destinatário que estar conectado a internet e utilizando o mesmo software chamador.

Uma adição relativamente nova a Telefonia na Internet é a incorporação de um software de telefonia em diferentes produtos “mensageiros”- *messengers* como Yahoo! Messenger e produtos similares que adicionaram a capacidade de “chamadas” usando facilidades do Net2Phone ou outro transportador de comunicação nativo que opera uma série de gateways em grandes cidades através do globo. No caso dos *messengers*, usuários dos serviços podem fazer ligações telefônicas grátis para qualquer parte do mundo.

Existem uma série de obstáculos ao uso da telefonia na Internet, os quais são resolvidos em uma variedade de formas pelos diferentes fornecedores. Infelizmente, a ausência de uma aproximação uniforme com o objetivo de resolver estes obstáculos, resultam em um número de assuntos compatíveis que fazem a interoperabilidade entre diferentes usuários, difícil ou quase impossível. Pode-se citar neste contexto cinco áreas de conflito.

3.1.3 Áreas de Conflito

Método de Conservação de Banda - A habilidade em produzir uma conversação com um som natural, requer acerto entre o esquema de codificado da fala e o processamento que o micro PC pode disponibilizar. Em geral, a habilidade para uma alta compressão de voz quando permitindo sua reprodução através de um som natural, requer mais processamento do que esquemas de codificação da fala que reproduzem som sintéticos ou digitalizados a uma taxa alta.

São três as técnicas de codificação mais comuns usadas em diferentes aplicações populares de Telefonia na Internet.

- a) *low Delay Code Excited Linear Prediction* – LD-CELP, padronizada pelo ITU como recomendação G.728, resultando em um stream de dados de 16-Kbps;
- b) *conjugate-Structure Algebraic Excited Linear Prediction* – CS-ACELP, padronizada pelo ITU como recomendação G.729, resultando em um stream de dados de 8-Kbps;
- c) O método de codificação dual que proporciona taxas de 6,3/5,3-Kbps padronizado pelo ITU como recomendação G.723.1.

Até recentemente o método de codificação G.729 era muito popular, entretanto a padronização do método G.723.1 vem ganhando popularidade e também encomendado como um codificador de voz de baixas taxas pelo ITU H.323, padrão para vídeo e comunicação de voz sobre uma rede de pacotes. Esperava-se que a maioria dos produtos de telefonia na Internet fossem adotar a Recomendação G.723-1. Entretanto num mundo de perspectivas reais, o *delay* e a latência associados ao método G.723.1 aproximadamente de 60ms, é 12 vezes o *delay* associado ao uso do método de codificação LD-CELP. Dessa forma a combinação

entre consumo de banda e *delay*, pode representar o item chave que deve ser considerado, quando esta se configurando um produto na Internet que suporta múltiplos métodos de codificação de voz. Muitas vezes, um método de codificação de voz resulta em um som reconstruído de baixa qualidade em uma banda operacional, melhorando sua qualidade após sua reconstrução, a uma taxa operacional maior.

Packet Delay and Loss Handling, duas considerações-chaves associadas ao uso de redes de pacote afetam a transmissão da voz: o *delay* dos pacotes e a perda de pacotes. O congestionamento de roteadores e gateways, resultando do processamento de pacotes e da incapacidade em transferir pacotes sobre facilidades de comunicação combinados a alta utilização da linha, são causas de perda e *delay* dos pacotes.

Quando o dado está sendo transferido, um leve *delay* na chegada de um ou mais pacotes é frequentemente despercebida. De forma pior, isto pode resultar em uma pessoa esperando um período extenso de tempo para transmitir um arquivo, contudo, o conteúdo do arquivo transferido não será afetado. Semelhantemente, a perda de pacotes quando os mesmos trafegam através de uma rede IP, resultado do congestionamento de roteadores, estações de trabalho, ou gateways, sendo os mesmos compensados pela retransmissão dos pacotes descartados. Mas quando os pacotes transportam voz digitalizada, métodos normais de transmissão não podem ser utilizados. Isto se deve ao fato de que a perda ou *delay* dos pacotes resultarem em interrupções de uma fala “inteligente”. Existem dois métodos que podem ser utilizados a fim de compensarem a perda ou *delay* de pacotes. Estes métodos envolvem o concerto dos pacotes perdidos ou atrasados, inserindo períodos de silêncio ou através da voz sintetizada.

- a) geração de silêncio – atualmente, a maioria das aplicações de telefonia na Internet simplesmente geram períodos de silêncio para compensar a perda de pacotes e reproduzir pacotes com *delay*. Esta técnica, resulta em um corte na voz e perda de sua inteligibilidade quando pacotes são perdidos e uma distorção na fala quando pacotes com atraso são usados para reproduzir a fala . Alguns fornecedores de produtos de telefonia na Internet, tem considerado a possibilidade de usar pacotes previamente recebidos como um mecanismo de gerar fala sintética e preencher os períodos de silêncio;
- b) reconstrução da Voz – A reconstrução da voz, pode ocorrer pelo destinatário, quando este tenta reconstruir os segmentos perdidos da fala de forma que os pacotes recebidos corretamente precedam os por meio dos pacotes que estão perdidos ou atrasados. Isto pode ser executado através da repetição de uma porção do último pacote de voz recebido corretamente ou via um processo de interpolação. Quando existe uma combinação entre o método transmissor e receptor da voz, informação extra pode ser incluída em cada pacote transmitido a fim de facilitar o processo de reconstrução e interpolação no destino.

Uma outra técnica onde o transmissor e o receptor combinam entre si, envolve o ajuste do tamanho dos pacotes dinamicamente, baseada em métricas de pacotes com *delay* ou perdidos. Fazendo pacotes menores, aumenta-se a habilidade dos mesmos em trafegar por uma rede de pacotes. Atualmente não existe um padrão relacionado ao manuseio de pacotes perdidos ou com *delay*.

Lan Connectivity Operation embora a maioria dos produtos de telefonia na Internet tenham sido originariamente desenvolvidos para conexões discadas ,que

usam SLIP e PPP ,aos provedores de Internet , muitos produtos, passaram a suportar conexão de rede local, possibilitando ao produto, reconhecer endereços de gateway e servidores de domínio – *Domain Name Servers* –DNS, configurados com o protocolo TCP/IP no computador. Uma vez que os produtos de telefonia passam a usar portas TCP e UDP para estabelecer conexões a um servidor de diretório ou a um diretamente a uma parte distante, o uso destas portas podem causar conflitos com listas de acesso de firewalls ou de roteadores, desenhadas para prover um nível de segurança para equipamentos localizados atrás destes devices.

Métodos de Conexão, Como mencionado anteriormente, alguns produtos de telefonia na Internet são baseados em diretórios, requerendo ao usuário primeiramente acessar um diretório antes de estabelecer uma chamada. Outros produtos permitem aos usuários a entrarem com o endereço IP ou com o número do telefone para estabelecer uma chamada. Nos dois primeiros métodos, o destino ou seja a parte chamada, deve estar ligada e operando o mesmo software. Quando um número telefônico é utilizado, o destinatário representa um assinante da rede pública de telefonia, dessa forma, uma operação telefônica normal se aplica ao destino final, requerendo apenas que haja uma pessoa que possa atender a chamada.

Uma versão de serviço de diretório que está recebendo um considerável grau de interesse é o *Lightweight Directory Access Protocol* –LDAP, que permite uma coleção de diretórios, como: *mail*, *voicemail*, *security*, e até a função de PBX, funcionarem como um serviço de diretórios integrados.

Um terceiro método aumenta o uso da Internet, uma vez que um serviço de *gateway* converte uma chamada da Internet em uma chamada de telefonia pública. Um produto popular utilizado para ter acesso a este tipo de serviço, é o Net2Phone

da IDT Corporation. O Net2Phone é similar a outros produtos de telefonia na Internet e opera em conjunto com a placa de som, microfones e *speakers*, para iniciar e receber uma chamada via Internet. Usuários do Net2Phone, não estão limitados a chamarem apenas as partes que estão *online* e usando um PC com uma configuração para multimídia. No entanto, usuários podem chamar qualquer pessoa que tenha um telefone padrão e a chamada sainte irá tocar em um telefone distante.

Protocolos Utilizados, como mencionado anteriormente, a maioria das aplicações de telefonia na Internet, usam o protocolo TCP para aplicações de endereçamento e o UDP para a transmissão de pacotes, contendo voz comprimida e digitalizada. O UDP é o protocolo não orientado a conexão, de melhor desempenho que não inclui capacidade de negociação de fluxo. Isto cria dois problemas associados. Primeiro, não existe garantia de que um pacote enviado, chegará ao seu destino em tempo apropriado. Isto se deve ao fato de que o pacote pode se perder em algum ponto da rede devido a ocorrência de erros ou congestionamento da própria rede. Segundo, não existe como controlar o fluxo de informações quando esta se usando o UDP. Esta deficiência de controle de fluxo poderia causar a inundação da Internet por pacotes carregando telefonia em detrimento de outras aplicações . Baseado neste contexto, um mecanismo é requerido a fim de reservar banda da origem até o destino, através da Internet. Se isto puder ser efetuado, os pacotes de voz codificados, podem fluir fim-a-fim de forma ordenada eliminando a possibilidade dos pacotes serem perdidos devido a congestionamento ou a um estado instável da rede, acompanhado de variâncias no tempo entre pacotes que causam distorção na reconstrução da voz.

O mecanismo requerido para executar esta reserva fim-a-fim é o *ReSerVation Protocol* -RSVP. Infelizmente a implementação plena do RSVP esta

provavelmente muitos anos distante. Duas questões devem ser resolvidas:

- a) primeiro, o RSVP requer uma atualização de todos os gateways e roteadores entre origem e destino. Isto significa que um usuário na Internet chamando outro, pode ter sua conexão roteada entre um ou mais Provedores de Serviço de Rede e dois Provedores de Serviço de Internet, todos eles deverão ter seus equipamentos atualizados para suportar o RSVP. Isto certamente demandará um longo tempo, mesmo porque muitos gateways e roteadores não poderão ser atualizados e deverão ser trocados;
- b) segundo, a banda não é livre. Isto significa que os Provedores de Serviço de;
- c) rede e os Provedores de Serviço de Internet podem esperar, que serão cobrados pelo uso da banda reservada.

Enquanto o RSVP pode estar a muito anos de sua implementação, existe outra técnica de Qualidade de Serviço (QoS) usada por vários fabricantes para remeter o fluxo de tráfego através da rede que minimiza a ocorrência de latência. Estas técnicas incluem o padrão IEEE 802.1p, MultiProtocol Label Switching (MPLS), enfileiramento nos roteadores e a compressão dos cabeçalhos dos pacotes.

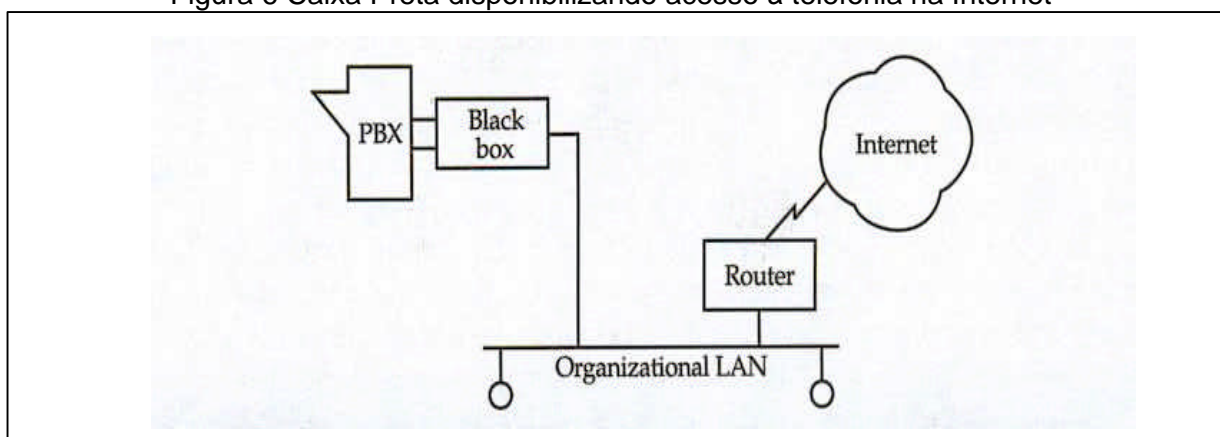
3.2 Telefonia Sobre a Internet

Telefonia sobre a Internet é uma técnica de transmissão de voz sobre rede de dados, que permite a sistemas de telefonia comerciais serem usados para chamadas de pessoas via Internet. O método mais comum usado para se iniciar telefonia sobre o sistema Internet é conectar os PBXs de cada corporação à equipamentos que comportam-se de maneira similar a troncos analógicos. Isto é,

estes equipamentos apresentam uma voltagem de chamada quando uma chamada é recebida, responde ao DTMF e/ou “rotary dialing”, e passa a identificação de uma chamada entrante. Em adição, o equipamento torna conhecido a cada PBX, o tom de chamada em progresso tal como “chamando ou ocupado”, quando chamadas saintes são executadas. Na Figura 6, vê-se uma caixa preta, que pode-se dizer, ser responsável pela realização de sinalizações requeridas, digitalização e compressão de voz, e empacotamento. O acesso a esta caixa preta do PBX local é realizado pela digitalização de um prefixo, por uma pessoa, seguido do número a ser chamado. A chamada analógica é roteada a caixa preta, aonde será digitalizada e comprimida. A caixa preta prove endereçamento apropriado para cada pacote de tal forma que os pacotes serão roteados a uma caixa preta similar na localidade chamada. Lá, os pacotes de voz então digitalizados são reconvertidos em sua forma analógica original para roteamento via PBX destino à parte chamada.

Embora não haja razões técnicas que impeçam a entrega direta da voz digitalizada diretamente a um PC equipado com uma placa de som e um software apropriado, é mais fácil garantir a compatibilidade entre as partes, chamador e chamado, roteando voz digitalizada entre pares de caixas pretas desenvolvidas pelos mesmos fabricantes. Caso contrário deverão ser tratadas operações de múltipla conversão que poderá requerer a disponibilização da compatibilidade entre produtos de diferentes fabricantes, que usam diferentes pacotes de informação e técnicas de compressão de voz.

Figura 6 Caixa Preta disponibilizando acesso à telefonia na Internet



Fonte: Held (2001)

Na Figura acima, a caixa preta, representa um device de conversão que interfaceia com o PBX da organização, convertendo tanto o padrão analógico como o padrão digital de codificação de saída PCM, em um *stream* de dados digitalizado e comprimido, que é emcapsulado em pacotes IP, endereçados a uma caixa preta distante. Desta forma, a caixa preta haje como um servidor de comunicação e se torna um elemento participativo da LAN organizacional, fazendo com que os pacotes de voz codificados, irão trafegar sobre a LAN para acessar um roteador, que simplesmente trata estes pacotes como uma série de pacotes requerendo roteamento sobre a Internet ou sobre uma rede IP privada. Isto significa que previamente ao uso da telefonia na Internet, deve-se acertar os níveis de utilização das LAN's organizacionais.

3.2.1 Obstáculos do tráfego na rede

Em um ambiente Ethernet, um nível de utilização acima de 50% irá indicar que o pacote de voz codificado irá mais do que trafegar por roteadores na Internet com um imprevisível *delay* entre pacotes. Isto se deve ao fato de que os protocolos de acesso associados à redes Ethernet, em que um algoritmo de exponenciação randômicos (random exponencial backoff algorithm) é usado depois da detecção de

uma colisão. Significando que colisões acontecem mais freqüentemente quando níveis de utilização progridem, aumentando a possibilidade de que os pacotes de voz sofram um *delay* em relação a seqüência de tempos eles normalmente requeririam. Pode-se esperar como resultado, a ocorrência de distorção da voz no destino, quando os pacotes codificados de voz chegarem com *delays* que impeçam sua reconstituição em uma fala com som natural.

A não esperada transferência de pacotes transportando voz digitalizada de uma rede local para uma rede IP, incluindo o atraso de processamento nos nós, implicam que a transmissão de *streams* de dados uniformes com intervalos de tempo supodtamente pré-definidos cheguem ao destino com um atraso randômico entre pacotes. Este *delay* randômico resulta na reconstrução da voz com um som inadequado. Para evitar estes problemas, os fabricantes destas “caixas pretas” incorporam um *buffer* de *jitter* em seus produtos. Este *buffer* pode ser visto como uma área temporária de armazenamento, possibilitando aos pacotes que transportam voz digitalizada que chegam ao destino com *delays* randômicos entre pacotes, possam ser removidos do *buffer* de uma forma uniforme, produzindo então uma voz reconstruída com um som mais natural.

Muitos *gateways* e outros produtos de telefonia na Internet, incluem um *buffer* de *jitter* selecionável, com os usuários podendo programá-lo de 0 (zero, desabilitado) a 255ms ou mais. Quando se seleciona um buffer para o jitter, é importante se lembrar que um incremento no buffer de *jitter* pode melhorar a pureza do som, de pequenos blocos de voz reconstituída, contudo, este incremento adiciona de ponta a ponta um *delay* de caminho único. Se existir muito *delay*, uma pessoa em um lado da conversação pode acreditar que a outra parte tenha parado de falar e pode então recomençar a falar, criando um crash de voz e uma exigência

que ambas as partes possam apenas ouvir.

3.2.2 Regras de Tráfego na LAN -Local Area Network Usando Filas nos Roteadores

Como já foi mencionado anteriormente, o tráfego pode ser expedido para dentro de uma rede ou através dela, favorecendo-se um tipo de tráfego mais do que outro. Para que isto seja possível, são usadas várias formas de capacidade de enfileiramento, suportadas por diferentes roteadores, que obtêm uma capacidade de remeter com presteza o tráfego da rede. Embora pode-se referir ao uso de filas nos roteadores, como um mecanismo de se implementar capacidade de qualidade de serviço – QoS, uma verdadeira QoS não é corretamente possível pois não existe um método corrente disponível em um ambiente TCP/IP para garantir banda em uma base fim a fim via transmissão através de uma rede pública. A razão para este resultado vem do fato de que o RSVP não escala bem o tráfego, em relação a capacidade da Internet, ao mesmo tempo ao fato de não existir um mecanismo disponível corrente para se bilhetar ambos, usuários e Servidores de Serviços de Internet –ISP's por bandas reservadas. Deste modo, em um ambiente de rede pública, é necessário considerar alternativas ao RSVP. Uma alternativa é a implementação de técnicas de enfileiramento nos roteadores, para se expedir o tráfego em uma rede pública quando o *delay* de passagem pela rede pública é desmedido, exageradamente longo. Outra alternativa é implementar enfileiramento nos roteadores como um método de expedição de tráfego na rede, ou através dela quando se ter o controle particular da mesma. Como alternativa pode-se usar enfileiramento nos roteadores em uma rede operada por outra companhia qualquer que provê "Service Level Agreement –SLA), cobrindo a latência através da rede. Com um planejamento cuidadoso, todos os métodos podem ser usados para

minimizar o *delay* dos pacotes, o que permitirá o uso do buffer de jitter no destino, para prover a capacidade de se obter um bom nível de reconstrução da voz sem ter garantia de banda.

Serão examinados métodos de enfileiramento da Cisco, disponíveis através do Cisco Internetworking Operating Systems – IOS, devido ao market share de seus roteadores e também devido à adoção como solução de conectividade hoje adotada em toda a rede da Empresa considerada no escopo deste trabalho.

“Rationale” – O método “rationale” para filas do roteador, resulta do fato de que redes TCP/IP tradicionais, operam em uma plataforma de melhor tentativa. Neste tipo de ambiente, todos os pacotes competem igualmente para obter recursos da rede. Quando este ambiente operacional foi aceito nos anos de 1990, o aumento do uso de redes TCP/IP e o desenvolvimento de aplicações sensíveis ao tempo, para incluir serviços de voz e vídeo, resultou na expedição de certos tipos de tráfego sobre outros tipos de tráfego. Enquanto muitos Provedores de Serviços de Comunicação ISP’s simplesmente adicionaram banda para satisfazer o crescimento no tráfego de usuários, nos ambientes de negócio, um dos piores links de acesso são os provenientes dos ISP’s. Como muitos usuários dividem a linha de acesso, se torna necessário diferenciar o tráfego no roteador, despachando alguns tipos de tráfego sobre outros. A forma mais de se efetuar isto é através das filas dos roteadores, onde estará o foco dos tópicos a seguir.

O IOS da Cisco, ou seja o sistema operacional usado pelos equipamentos de acesso Cisco, normalmente suportam quatro tipos diferentes de algoritmos de enfileiramento *First In, First Out, Custom Queuing e Weighted Fair Queuing*. Poderá se observar que no decorrer da descrição dos algoritmos, haverá certas vantagens e desvantagens associadas a cada método de enfileiramento (HELD,2001)

(CISCO,Chapter49,2000).

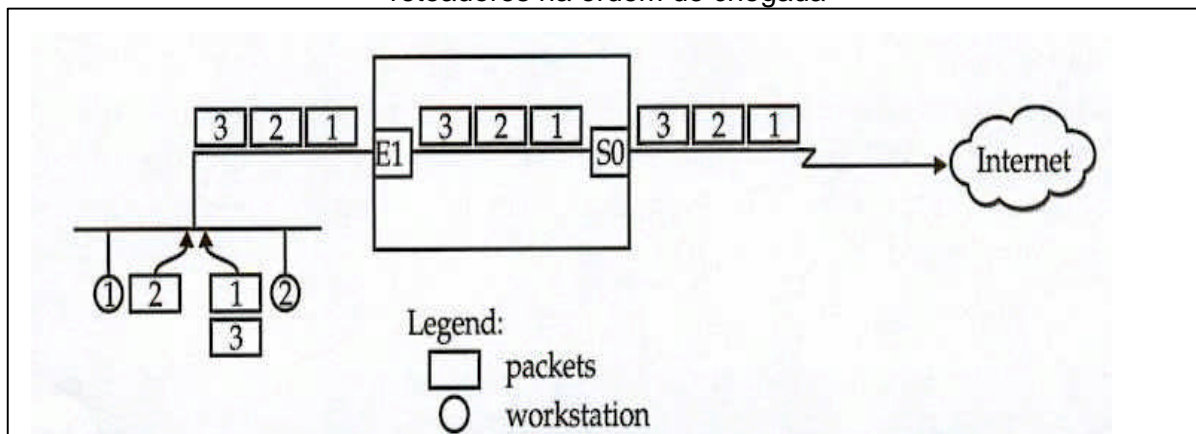
FIFO o primeiro, o mais simples e o método default de enfileiramento para interfaces operando acima de 2Mbps é o FIFO, pode-se dizer que não há nenhum método disponível para diferenciar o tráfego. No método de enfileiramento FIFO, os pacotes são transferidos através das interfaces dos roteadores, na ordem em que eles chegam.

A vantagem chave do FIFO é que ele requer a menor quantidade de recurso do roteador. Entretanto a natureza simplista do enfileiramento FIFO é também uma desvantagem chave. Isto porque são direcionadas as interfaces de saída, na ordem de chegada, não sendo possível priorizar o tráfego nem impedir que uma aplicação ou um usuário infelizmente tenha problemas devido a superr utilização da largura de banda.

No exemplo mostrado na Figura 7, assume-se que o primeiro pacote contém um segmento de voz digitalizada de 20ms, enquanto o pacote identificado como número 2, contém 1500 bytes representando uma porção de um arquivo sendo transmitido. Se a linha contratada, conectando o roteador a Internet, opera a 56Kbps e assumindo-se que não há overhead de protocolo, os 1500 bytes irão requerer $1500\text{Bytes} \times 8\text{bits/byte}/5600\text{bps}$, ou 0,21 segundos para serem posicionados na linha. Dessa forma, se o pacote número 2 chega ao roteador, um pouco antes do pacote número 3, que representa outra porção de 20ms de voz digitalizada, passará a existir um *delay* de 210ms entre os dois pacotes de voz digitalizada. Se esta situação continua onde longos pacotes periodicamente chegam antes de pacotes pequenos contendo voz digitalizada, a conversação se mostrará inadequada para a outra parte. Deste modo, FIFO é usualmente inaceitável quando se transmite um mixto de tráfego dependente do tempo e tráfego não dependente do tempo

(HELD,2001).

Figura 7 Fila, First in, first out (FIFO) resultando em pacotes enviados à interface dos roteadores na ordem de chegada

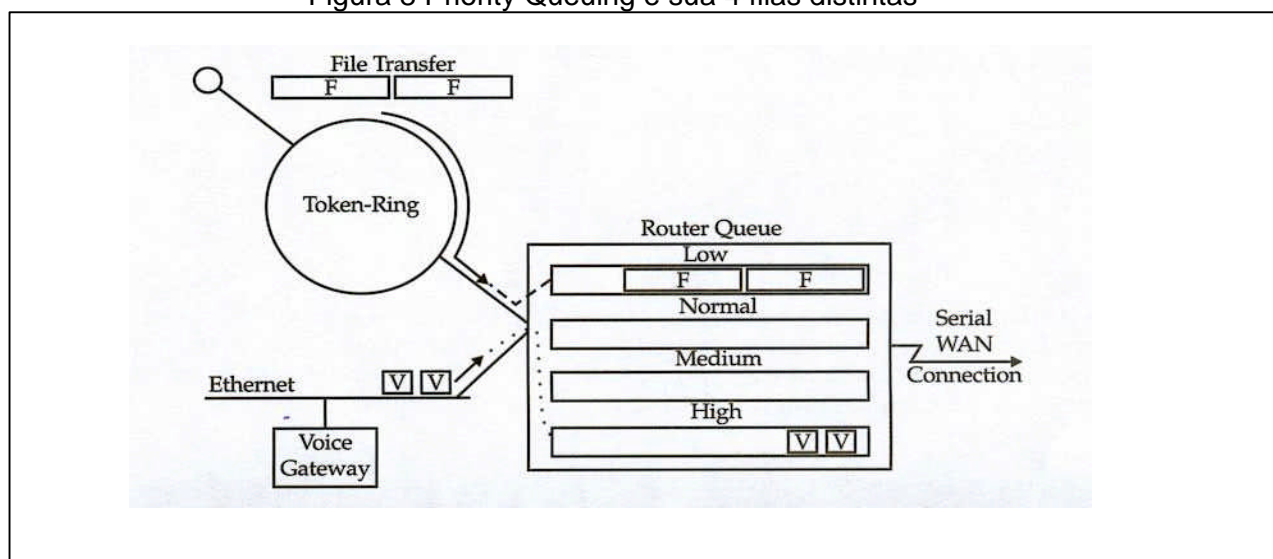


Fonte: Held (2001)

Priority Queuing um segundo tipo de enfileiramento suportado pelos roteadores Cisco se refere ao enfileiramento por prioridade. Sobre prioridade de enfileiramento, o tráfego pode ser ativo em até quatro filas, alta, média, normal e baixa. O tráfego de maior prioridade é servido primeiramente do que o tráfego em filas de prioridades menores. Isto significa que através do enfileiramento por prioridade, pode-se configurar um roteador para tratar tráfego que é relativamente intolerante a *delay*, em uma fila apropriada que favoreça sua saída para uma WAN. Em um ambiente de roteamento Cisco, existe alguns métodos disponíveis para ambos os casos, identificar o tráfego para ser priorizado, assim como direcionar o tráfego identificado à fila correspondente. Apesar de ser possível o uso do comando de IOS chamdado *priority-list*, para que ele mesmo designe tráfego para listas pré-definidas, pode-se também associar uma lista de acesso com uma lista de prioridades de forma que possa se usar a flexibilidade de listas de acesso, filtrando dados como um mecanismo de controlar o fluxo de tráfego entre com prioridades. A fim de se ilustrar um exemplo de enfileiramento por prioridade, assim como obter embasamento para descrever sobre algumas limitações desta técnica de

enfileiramento, assume-se o tráfego de um arquivo sendo transmitido e de pacotes de voz digitalizados provenientes de gateways de voz, trafegando para um roteador, com ambos os pacotes origem, destinados à localizações além do roteador, resultando em uma necessidade para cada tipo de tráfego fluir sobre um link WAN comum. Se for assumido que o enfileiramento por prioridade esta habilitado, o uso das filas deve ser configurado de tal forma que pacotes de dados sejam direcionados para filas de baixa prioridade, enquanto a voz digitalizada é direcionada para uma fila de alta prioridade. Na Figura 8 onde os pacotes de voz gerados por um gateway de voz são direcionados para filas de alta prioridade e pacotes de arquivos sendo transmitidos, são direcionados para filas de baixa prioridade (HELD,2001).

Figura 8 Priority Queuing e sua 4 filas distintas



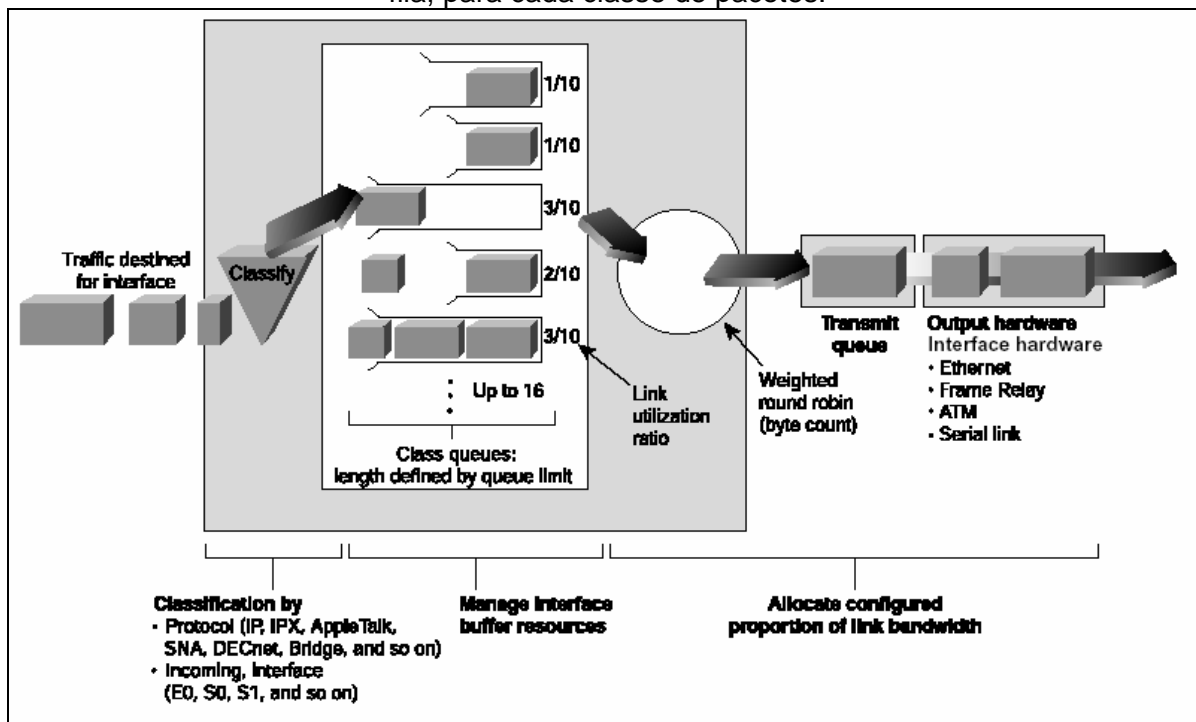
Fonte: Held (2001)

Uma das desvantagens da *Priority Queuing* é o fato de que é possível, literalmente sacrificar a habilidade de certas aplicações a obterem acesso a uma interface, como a interface WAN, mostrada na figura acima. A razão para isto, reside no fato de que toda hora existem pacotes na fila de alta prioridade que serão extraídos por primeiro. Dessa forma, se o *gateway* de voz estiver extemamente utilizado e gerar um tráfego de voz de maneira substancial para o roteador, é bem

possível que o tráfego que estaria sendo tratado por outras filas. Neste tipo de situação as outras filas podem ter sua capacidade esgotada, resultando que pacotes que sejam encaminhados para estas filas sejam abandonados, isto então resultará em retransmissões, até que um determinado parâmetro seja atingido e encerrará a aplicação. Talvez devido a esta limitação, a Cisco tenha adicionado suporte a dois métodos adicionais para as plataformas de seus roteadores. Um desses métodos é o *Custom Queuing*.

Custom Queuing – CG – foi projetado para permitir que várias aplicações ou organizações dividam a rede e tenham como requerimentos específicos, um mínimo de banda ou latência. Nestes ambientes, a banda deve ser dividida proporcionalmente entre aplicações e usuários. Pode-se usar atributos para prover garantia de banda a um ponto de potencial congestionamento, garantindo a um tráfego específico uma porção fixa de banda disponível e deixando banda restante para outro tipo de tráfego. Trata o tráfego, determinando uma quantidade especificada do espaço da fila para cada tipo de pacotes e então servindo as filas por meio de uma seqüência round-robin (cada um usa por um tempo e então passa a vez para outro), Figura 9 (CISCO,Chapter49,2000)..

Figura 9 Custom Queuing, tratamento de tráfego determinando um tamanho de espaço por fila, para cada classe de pacotes.



Fonte: Cisco, Chapter 49 (2000)

Como no exemplo, a arquitetura *System Network Architecture* – SNA, quando encapsulada, requer uma garantia mínima de nível de serviço. Pode-se reservar metade da banda para os dados para a arquitetura SNA e outra metade para serem usados por outros protocolos como o IP e o *InternetWork Packet Exchange* – IPX. O algoritmo da fila, coloca mensagens em uma das 17 filas (fila 0, trata as mensagens do sistema, como os *keepalives*, sinalizações, e outras) que são descarregadas, conforme suas prioridades. O roteador serve as filas de 1 a 16 numa ordem round-robin, decrementando um contador de bytes configurado para cada fila, de uma maneira circular. Esta facilidade, garante que nenhuma aplicação (ou um grupo especificado de aplicações), alcance mais do que uma porção pré-determinada de toda capacidade quando a linha esta super utilizada. Como o método *Priority Queuing*, o método *Custom Queuing* é configurado estaticamente e não se adapta automaticamente à condições de mudança da rede (CISCO, Chapter 49, 2000).

Embora o contador de *bytes* representa uma função significativa na alocação de banda, é necessário cuidadosamente se considerar o tamanho de cada frame para se obter a alocação desejada. Isto tem a ver com a maneira que o TCP opera assim como a extração das filas funciona.

Relacionado a forma, quando se esta utilizando uma aplicação TCP, aonde o tamanho da janela para um protocolo é 1 (um), então este protocolo, não irá transmitir um outro frame para a fila até que a estação transmissora receba um reconhecimento. Isto significa que se o contador de bytes for programado para 1500 e o tamanho do frame é 512 *bytes*, então aproximadamente um terço da banda esperada será obtida, visto que 512 *bytes* serão extraídos da fila. Com respeito a maneira com que a extração de *frames* ocorre, *frames* inteiros são extraídos sem levar em consideração o valor do contador de bytes para uma fila. Isto significa que se o contador de bytes estiver programado para 512 *bytes*, mas o tamanho do *frame* de protocolo designado para a fila for de 1024, então cada vez que a fila é servida, 1024 *bytes* serão extraídos. Dessa forma, será dobrada a quantidade de banda utilizada por um protocolo particular, cada vez que existir um *frame* em uma fila aplicável e o processo de *round-robin* seleciona esta fila. Isto significa que é necessário cuidadosamente se considerar o tamanho dos *frames* de cada protocolo quando vai se determinar o contador de *bytes* designado para uma fila. Enquanto o método *Custom Queuing* pode prevenir uma potencial saturação de filas de baixa prioridade, a alocação atual de banda, pode realmente não atingir métricas desejadas. Uma outra limitação do *Custom Queuing* é o fato de que o processamento de 16 contadores de *bytes*, usa mais recurso de processamento do que o método descrito anteriormente. Talvez, identificando o primeiro problema, a Cisco tenha disponibilizado um outro método que pode ser usado para atingir um

maior nível de clareza na alocação de banda. Este método é o Weighted Fair Queuing. (Voice and Data Internetworking).

Flow Based WFQ – Creating a Fairnes Among Flows – Para situações onde é desejável se prover tempo de resposta consistente, para usuários de redes “pesadas” e “leves” sem a adição excessiva de banda, a solução é o método *Flow-Based WFQ* (comumente referenciado apenas como *weighted Fair Queuing*). Este método é uma das técnicas *Premier* da Cisco, que se sustenta em um algoritmo de enfileiramento baseado em fluxo. Tratando os bits de uma forma mais justa, de modo mais correto em termos de contagem de bytes. Por exemplo, se uma fila 1 tem pacotes de 100 bytes e a fila 2 tem pacotes de 50 bytes, o algoritmo WFQ irá pegar 2 pacotes da fila 2 para cada pacote da fila 1, proporcionando então um serviço melhor para cada fila: 100 *bytes* para cada vez que a fila é servida.

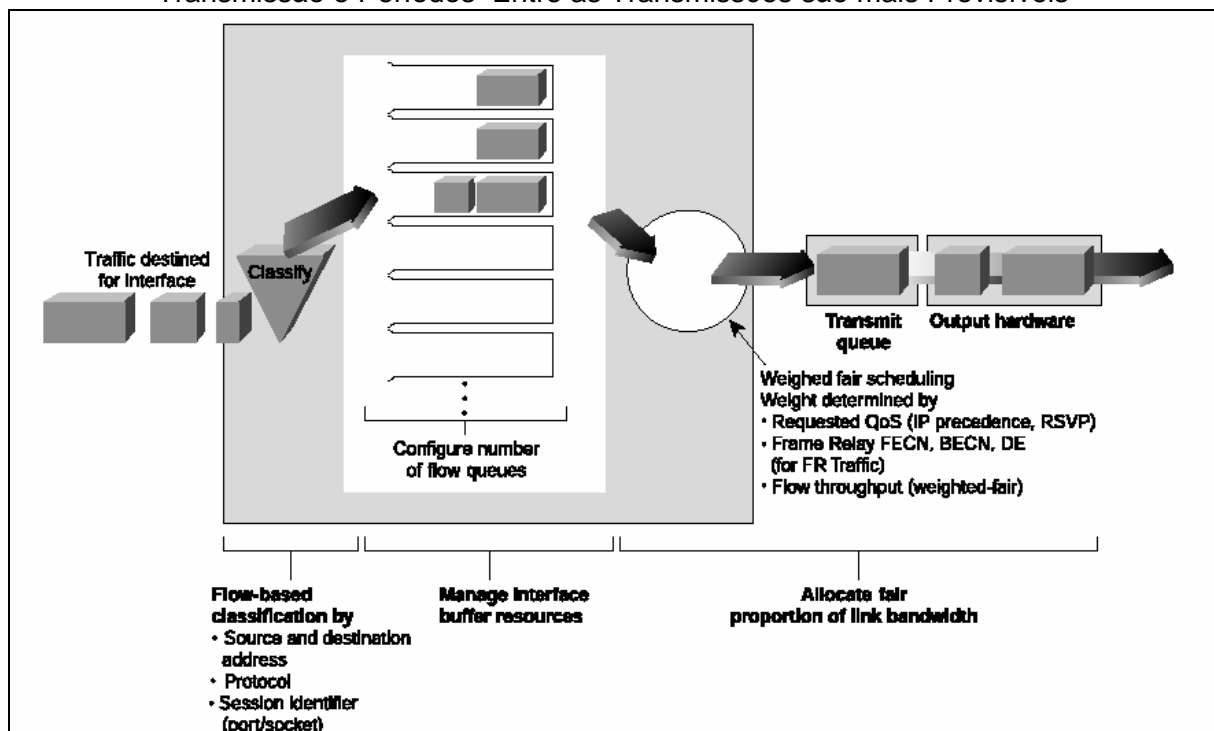
O método WFQ, garante que as filas não se saturem por banda , e o tráfego obtenha serviços previsíveis. Baixo volume de tráfego de streams – o que engloba maioria do tráfego, recebe serviços otimizados, transmitindo o mesmo número de bytes como se fossem streams de muito volume. Este comportamento resulta no que parece ser o tratamento preferencial para tráfegos de baixo volume, quando realmente esta criando eficiência no tratamento do tráfego.

Sob este algoritmo, todo tráfego é monitorado e conversações são subdivididas em 2 (duas) categorias, aquelas que requerem uma grande quantidade de banda e aquela que requer relativamente pequenas quantidades de banda. Esta subdivisão resulta em pacotes enfileirados por fluxo, com o fluxo baseado sob pacotes que tenham o mesmo endereço IP de origem, endereço IP de destino, portas TCP e UDP de origem ou portas TCP ou UDP de destino. Garante que conversações de banda pequena, recebam tratamento preferencial no gando do

acesso a uma interface, ao mesmo tempo permitindo que conversações de banda larga ganhem banda na proporção de sua importância e peso

Este método é desenhado para minimizar, esforços de configuração, se adapta automaticamente quando ocorrem mudanças nas condições do tráfego da rede, Figura 10.

Figura 10 Com o WFQ, Se um Alto Volume de Conversação esta Ativo, suas Taxas de Transmissão e Períodos Entre as Transmissões são mais Previsíveis



Fonte: Cisco, Chapter 49 (2000)

CAPÍTULO 4 QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)

A qualidade de serviço (QoS) refere-se a capacidade que uma rede tem em prover o melhor serviço a um determinado tráfego sobre várias tecnologias, incluindo *Frame Relay*, *Assynchronous Transfer Mode* -ATM, Ethernet e redes 802.1, SONET, redes com roteamento IP podendo utilizar uma ou até mesmo todas as tecnologias já citadas. O primeiro objetivo da QoS é prover prioridade, incluindo banda dedicada, controle de jitter e latência (requisito que deve ser atendido por alguns tráfegos iterativos e de tempo real), assim como superar perda de algumas características. Importante também e ter certeza de que ao se prover prioridade para um ou mais fluxos, os outros fluxos não falharão. A tecnologia QoS prove blocos elementares de construção que serão usados para futuras aplicações em um ambiente de negócio, WAN ou um provedor de serviços de rede.

“A qualidade de serviço (QoS) nas redes IP é um aspecto operacional fundamental para o desempenho fim-a-fim das novas aplicações (VoIP, multimídia, ...). Assim sendo, é importante o entendimento dos seus princípios, parâmetros, mecanismos, algoritmos e protocolos desenvolvidos e utilizados para a obtenção de uma QoS.

A obtenção de uma QoS adequada é um requisito de operação da rede e suas componentes para viabilizar a operação com qualidade de uma aplicação” (MARTINS,1999).

4.1 (QoS) Princípios

Numa primeira abordagem, conforme Martins (1999) o termo "Qualidade de Serviço" pode ser entendido da seguinte forma:

“Qualidade de Serviço (QoS) é um requisito da(s) aplicação(ões) para a qual exige-se que determinados parâmetros (atrasos, vazão, perdas, ...) estejam dentro de limites bem definidos (valor mínimo, valor máximo)”.

A QoS é garantida pela rede, suas componentes e equipamentos utilizados. Do ponto de vista dos programas de aplicação, a QoS é tipicamente expressa e solicitada em termos de uma "Solicitação de Serviço" ou "Contrato de Serviço". A solicitação de QoS da aplicação é denominada tipicamente de *SLA Service Level Agreement* - SLA (MARTINS,2000) (MACCABE,1998).

O SLA deve definir claramente quais requisitos devem ser garantidos para que a(s) aplicação(ões) possam ser executadas com qualidade. Um exemplo típico de SLA para uma aplicação de voz sobre IP (VoIP - *Voice over IP*) com algumas centenas de canais de voz simultâneos numa rede IP WAN poderia ser:

- a) vazão = 2 Mbps;
- b) atraso = 250 mseg;
- c) disponibilidade = 99,5%.

Uma vez que o SLA esteja garantida pela rede, tem-se como resultado que a aplicação VoIP, em questão, quando executada garantirá a qualidade de voz prevista para os seus usuários se comunicando simultaneamente através da rede IP.

Normalmente a qualidade obtida de uma aplicação, quando relacionada à necessidade do usuário pode ser variável e, a qualquer momento, pode ser alterada ou ajustada (para melhor qualidade ou pior qualidade). Por exemplo, pode-se assistir um vídeo com uma qualidade de 32 fps (*Frames per Second*) ou 4 fps e, fundamentalmente, isto depende da qualidade de vídeo esperada pelo usuário final. Embora este comportamento possa ser dinâmico do ponto de vista dos usuários

finais (seres humanos), do ponto de vista das redes as SLAs são estáticas e, eventualmente, podem ser alteradas. A alteração numa SLA implica, normalmente numa nova solicitação de qualidade de serviço à rede em questão.

4.2 (QoS) como Mecanismo Gerencial

Para um gerente ou administrador de redes, a percepção da qualidade de serviço é mais orientada no sentido da utilização de mecanismos, algoritmos e protocolos de QoS em benefício de seus clientes e suporte às aplicações. Ou seja, como efetivamente a rede e suas componentes podem garantir as inúmeras SLAs definidas para diversos usuários e aplicações.

Outros aspectos gerenciais importantes, são a escalabilidade e flexibilidade da solução implantada.

“A escalabilidade dos protocolos, algoritmos e mecanismos de QoS é um assunto de pesquisa (P&D) e se torna particularmente relevante quando considera-se a possibilidade de estender a garantia de QoS através de múltiplos domínios administrativos IP.

A flexibilidade dos mecanismos de controle de QoS é um fator determinante na aceitabilidade do mesmos pela comunidade” (MARTINS,1999).

4.3 (QoS) Parâmetros

Os parametros de qualidade de serviço são definidos na especificação das SLAs, e alguns dos mais utilizados são:

- a) vazão (Banda);
- b) atraso (Latência);
- c) *jitter*;
- d) taxa de Perdas, Taxa de Erros...;

e) disponibilidade;

f) outros;.

Quais Aplicações Necessitam de QoS?

A base instalada do protocolo IP é muito grande e a tendência é que ele suporte as novas aplicações em rede, as quais cita-se:

a) telefonia e Fax sobre IP (VoIP – Voice over IP);

b) comércio Eletrônico (E_commerce);

c) video sobre IP;

d) educação à distância (EAD) (Distance Learning);

e) video-Conferência;

f) aplicações Colaborativas e de Grupo;

g) aplicações Multimídia;

h) aplicações Tempo Real;

i) outras.

A maioria das aplicações citadas são aplicações multimídia uma vez que envolvem a transferência de múltiplos tipos de mídia (dados, voz, vídeo, gráficos,...) com requisitos de tempo e sincronização para que possam operar com qualidade.

É necessário considerar que não são todas as aplicações que realmente necessitam de garantias fortes e rígidas de qualidade de serviço (QoS) para que seu desempenho seja satisfatório. Dentre as novas aplicações, as *aplicações multimídia* são, normalmente, aquelas que têm uma maior exigência de QoS.

No mínimo, as aplicações sempre precisam de vazão (banda) e, assim sendo, este é o parâmetro básico e certamente o que se faz mais presente nas especificações de QoS. Este parâmetro da qualidade de serviço é normalmente considerado durante a fase de projeto e implantação da rede e corresponde a um

domínio de conhecimento muito discutido e relatado na literatura técnica.

4.3.1 Vazão

A vazão (banda) é o parâmetro mais básico de QoS e é necessário para a operação adequada de qualquer aplicação.

Em termos práticos as aplicações geram vazões que devem ser atendidas pela rede. A Tabela 4 em seguida ilustra a vazão típica de algumas aplicações:

Tabela 4 Vazão Típica de Aplicações em Rede

<i>Aplicação</i>	<i>Vazão (Típica)</i>
Aplicações Transacionais	1 Kbps a 50 Kbps
Quadro Branco (<i>Whiteboard</i>)	10 Kbps a 100 Kbps
Voz	10 Kbps a 120 Kbps
Aplicações Web (WWW)	10 Kbps a 500 Kbps
Transferência de Arquivos (Grandes)	10 Kbps a 1 Mbps
Vídeo (<i>Streaming</i>)	100 Kbps a 1 Mbps
Aplicação Conferência	500 Kbps a 1 Mbps
Vídeo MPEG	1 Mbps a 10 Mbps
Aplicação Imagens Médicas	10 Mbps a 100 Mbps
Aplicação Realidade Virtual	80 Mbps a 150 Mbps

Fonte: Martins (1999)

Deve-se ressaltar que o requisito vazão para a qualidade de serviço é um dos aspectos levados em conta no projeto da rede.

4.3.2 Latência (atraso)

A latência e o atraso são parâmetros importantes para a qualidade de serviço das aplicações. Os dois termos podem ser utilizados na especificação de QoS, embora o termo "latência" seja convencionalmente mais utilizado para equipamentos e o termo "atraso" seja mais utilizado com as transmissões de dados (P. ex.: atrasos de transmissão, atrasos de propagação, ...).

De maneira geral, a *latência da rede* pode ser entendida como o *somatório*

dos atrasos impostos pela rede e equipamentos utilizados na comunicação. Do ponto de vista da aplicação, a latência (atrasos) resulta em um tempo de resposta (tempo de entrega da informação - pacotes, ...) para a aplicação.

Os principais fatores que influenciam na latência de uma rede são os seguintes:

- a) atraso de propagação (*Propagation Delay*);
- b) velocidade de transmissão e;
- c) processamento nos equipamentos.

O atraso de propagação é o tempo necessário para a propagação do sinal elétrico ou propagação do sinal óptico no meio sendo utilizado (fibras ópticas, satélite, coaxial, ...) e é um parâmetro onde o gerente de rede não tem nenhuma influência, é imutável. A Tabela 5 em seguida ilustra a título de exemplo alguns valores para o atraso de propagação entre cidades numa rede WAN utilizando fibras ópticas como meio físico de comunicação.

Tabela 5 Atrasos de propagação - fibras ópticas – exemplos

Trecho (Round Trip <i>Delay</i>)	Atraso de Propagação
Miami a São Paulo	100 mseg
New York a Los Angeles	50 mseg
Los Angeles a Hong Kong	170 mseg

Fonte: Martins (1999)

A velocidade de transmissão é um parâmetro controlado pelo gerente visando normalmente a adequação da rede à qualidade de serviço solicitada. Em se tratando de redes locais (LANs) (TANENBAUM,1996), as velocidades de transmissão são normalmente bastante elevadas, tendendo a ser tipicamente superior à 10 Mbps dedicada por usuário (p. ex.: utilizando *LAN Switches* (hein,1998)). Além disso, considera-se também que:

- a) num cenário de redes locais (LANs - redes proprietárias confinadas) tem-

se apenas custos de investimento e;

- b) nas LANs não tem-se, pelo menos em termos de equipamentos, custos operacionais mensais.

Em se tratando de redes de longa distância (Redes corporativas estaduais e nacionais, redes metropolitanas, intranets metropolitanas,...) as velocidades de transmissão são dependentes da escolha de tecnologia de rede WAN (Linhas privadas, *frame relay*, satélite, ATM ,....). Embora exista obviamente a possibilidade de escolha da velocidade adequada para garantia da qualidade de serviço, observa-se neste caso restrições e/ ou limitações nas velocidades utilizadas, tipicamente devido aos custos mensais envolvidos na operação da rede. Além desse fator, observa-se também algumas restrições quanto à disponibilidade tanto da tecnologia quanto da velocidade de transmissão desejada. Em termos práticos, trabalha-se em WAN tipicamente com vazões da ordem de alguns megabits por segundo (Mbps) para grupos de usuários.

O resultado das considerações discutidas é que a garantia de QoS é certamente mais crítica em redes MAN e WAN pelo somatório de dois fatores, ambos negativos:

- a) trabalha-se com velocidades (Vazão) mais baixas e;
- b) a latência (Atrasos) é muito maior quando compara-se com o cenário das redes locais (LANs).

O terceiro fator que contribui para a latência da rede é a contribuição de atraso referente ao processamento realizado nos equipamentos. A título de exemplo, numa rede IP os pacotes são processados ao longo do percurso entre origem e destino por:

- a) roteadores (comutação de pacotes);

- b) *LAN Switches* (comutação de quadros);
- c) servidores de Acesso Remoto (RAS) (comutação de pacotes, ...);
- d) *Firewalls* (processamento no nível de pacotes ou no nível de aplicação, ...);
- e) outros .

Considerando que a latência é um parâmetro fim-a-fim, os equipamentos finais (*hosts*) também têm sua parcela de contribuição para o atraso. No caso dos *hosts*, o atraso depende de uma série de fatores, a saber:

- a) capacidade de processamento do processador;
- b) disponibilidade de memória;
- c) mecanismos de cache;
- d) processamento nas camadas de nível superior da rede (Programa de aplicação, camadas acima da camada IP, ...);

Em resumo, observe-se que os *hosts* são também um fator importante para a qualidade de serviço e, em determinados casos, podem ser um ponto crítico na garantia de QoS. Esta consideração é particularmente válida para equipamentos servidores (*Servers*) que têm a tarefa de atender solicitações simultâneas de clientes em rede.

4.3.3 – *Jitter*

O *jitter* é um outro parâmetro importante para a qualidade de serviço, principalmente para as aplicações executando em rede e que devem ser processadas em períodos de tempo bem definidos. Este é o caso, por exemplo, de aplicações de voz e fax sobre IP (VoIP), aplicações de tempo real, etc...

Do ponto de vista de uma rede de computador, o *jitter* pode ser entendido

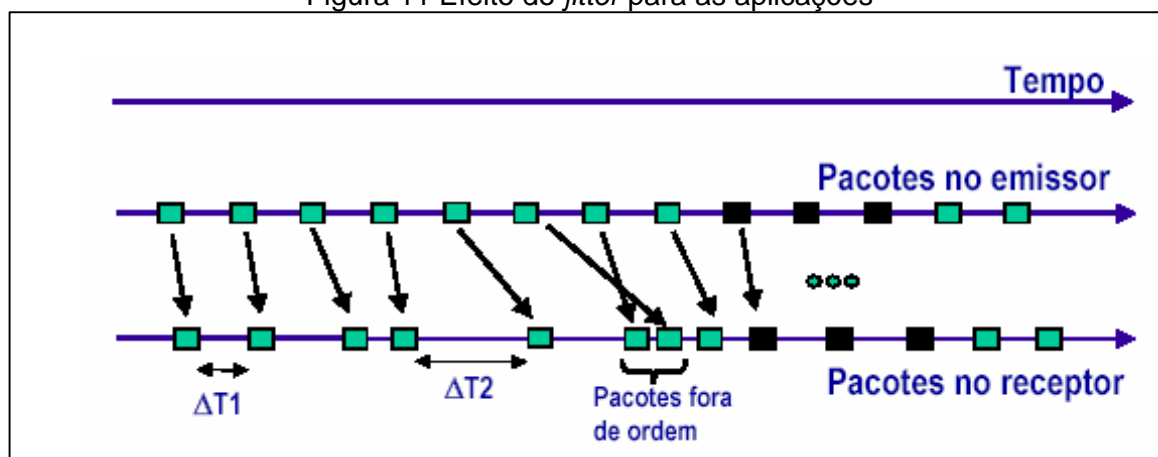
como a variação no tempo e na sequência de entrega das informações (p. ex.: pacotes) (*Packet-Delay Variation*) devido à variação na latência (atrasos) da rede.

Conforme discutido no item anterior, a rede e seus equipamentos impõem um atraso à informação (p. ex.: pacotes) e este atraso é variável devido a uma série de fatores:

- a) tempos de processamento diferentes nos equipamentos intermediários (roteadores, *switches*, ...);
- b) tempos de retenção diferentes impostos pelas redes públicas (*Frame relay*, ATM, X.25, IP, ...) e;
- c) outros fatores ligados à operação da rede.

A Figura 11 ilustra o efeito do *jitter* entre a entrega de pacotes na origem e o seu processamento no destino. Pode-se observar que o *jitter* causa não somente uma entrega com periodicidade variável (*Packet-Delay Variation*) como também a entrega de pacotes fora de ordem.

Figura 11 Efeito do *jitter* para as aplicações



Fonte: Martins (1999)

Em princípio, o problema dos pacotes fora de ordem poderia ser resolvido com o auxílio de um protocolo de transporte como o TCP (*Transmission Control Protocol*) (STEVENSON, 1994) que verifica o sequenciamento da mensagens e faz as

devidas correções. Entretanto, na prática tem-se que a grande maioria das aplicações multimídia optam por utilizar o UDP (*User Datagram Protocol*) (STEVENSON,1994) ao invés do TCP pela maior simplicidade e menor *overhead* deste protocolo. Nestes casos, o problema de sequenciamento deve ser resolvido por protocolos de mais alto nível normalmente incorporados à aplicação como, por exemplo, o RTP (*Real Time Transfer Protocol*) [Mau98]. O *jitter* introduz distorção no processamento da informação na recepção e deve ter mecanismos específicos de compensação e controle que dependem da aplicação em questão. Genericamente, uma das soluções mais comuns para o problema consiste na utilização de *buffers* (Técnica de "*buffering*").

4.3.4 Perdas

As perdas de pacotes em redes IP ocorrem principalmente em função de fatores tais como:

Descarte de pacotes nos roteadores e *switch routers* (Erros, congestionamento, ...) e

Perda de pacotes devido à erros ocorridos na camada 2 (PPP - *Point-to-Point Protocol*, ethernet, *frame relay*, ATM, ...) durante o transporte dos mesmos.

De maneira geral, as perdas de pacotes em redes IP são um problema sério para determinadas aplicações como, por exemplo, a voz sobre IP. Neste caso específico, a perda de pacotes com trechos de voz digitalizada implica numa perda de qualidade eventualmente não aceitável para a aplicação. A solução para esta questão é uma questão específica de cada aplicação em particular.

Do ponto de vista da qualidade de serviço da rede (QoS) a preocupação é normalmente no sentido de especificar e garantir limites razoáveis (Taxas de

Perdas) que permitam uma operação adequada da aplicação.

4.3.5 Disponibilidade

Este parâmetro da qualidade de serviço é normalmente discutido na fase de projeto da rede. Em termos práticos, a disponibilidade é uma medida da garantia de execução da aplicação ao longo do tempo e depende de fatores tais como:

- a) disponibilidade dos equipamentos utilizados na rede proprietária (Rede do cliente) (LAN, MAN ou WAN) e;
- b) disponibilidade da rede pública, quando a mesma é utilizada (Operadoras de telecomunicações, *carriers*, ISPs - *Internet Service Providers*, ...);

As empresas dependem cada vez mais das redes de computadores para a viabilização de seus negócios (Comércio eletrônico, *home-banking*, atendimento *online*, transações *online*, ...) e, neste sentido, a disponibilidade é um requisito bastante rígido. A título de exemplo, requisitos de disponibilidade acima de 99% do tempo são comuns para a QoS de aplicações WEB, aplicações cliente/ servidor e aplicações de forte interação com o público, dentre outras.

4.4 (QoS) Alternativas Técnicas

Uma vez identificado os parâmetros relacionados com a qualidade de serviço das aplicações, discute-se os protocolos, mecanismos e algoritmos utilizados na implementação efetiva da qualidade de serviço.

Implementação da QoS – Qual cenário considerar?

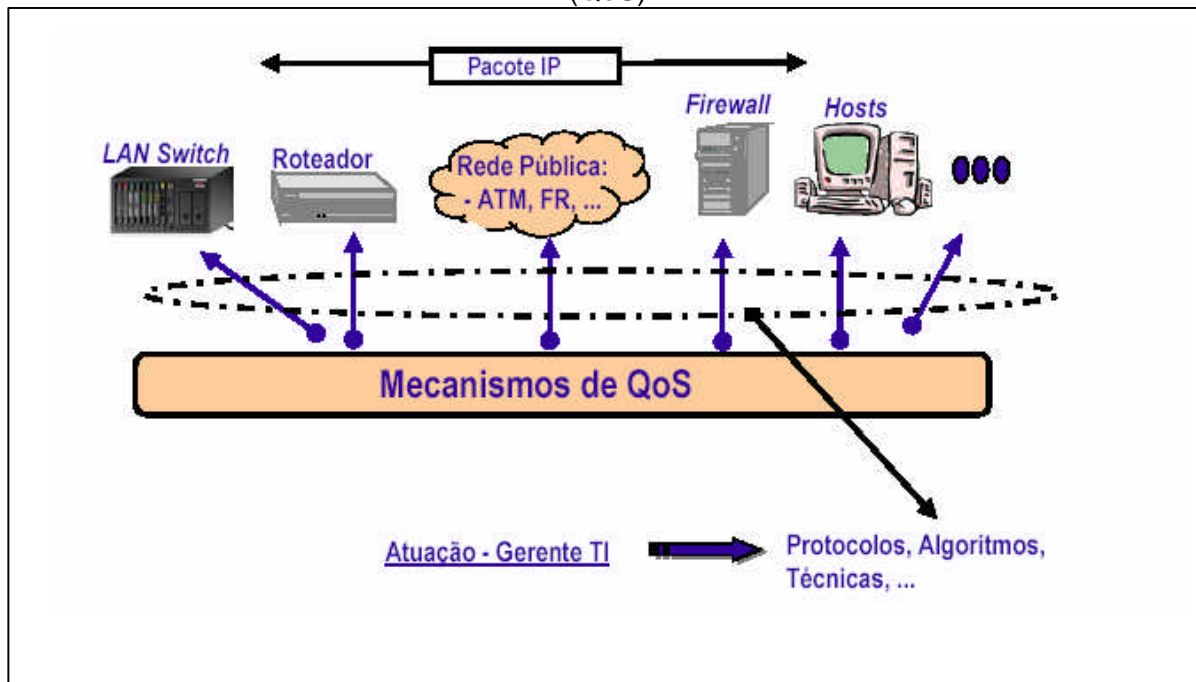
Numa rede IP a qualidade de serviço consiste num mecanismo fim-a-fim (*host* de origem a *host* de destino) de garantia de entrega informações (Pacotes, ...). Assim sendo, a implementação da garantia de QoS pela rede implica em atuar nos equipamentos envolvidos na comunicação fim-a-fim, visando o controle dos

parâmetros de QoS.

Os parâmetros (atrasos, *jitter*,) que devem ser controlados visando a obtenção da qualidade de serviço não são, infelizmente, localizados num único equipamento ou componente da rede. A Figura 12 em seguida ilustra um exemplo de situação onde na trajetória fim-a-fim dos pacotes tem-se equipamentos tipo *LAN Switch*, roteadores, *Firewalls*, utiliza-se uma rede pública de comutação de pacotes e, obviamente, tem-se os próprios *hosts* dos usuários finais.

Os mecanismos de QoS devem portanto atuar nestes equipamentos, camadas de protocolo e entidades de forma cooperada. Uma das atribuições dos gerentes de Tecnologia da Informação (TI) é justamente a escolha e implementação adequada dos mecanismos de QoS discutidos adiante num cenário como o da Figura 12.

Figura12 Equipamentos e Componentes de Rede Envolvidos na Qualidade de Serviço (QoS)



Fonte: Martins (1999)

A percepção do momento onde os mecanismos de controle da qualidade de serviço são necessários, é mais um fator importante. Efetivamente, a necessidade de garantir a qualidade de serviço se coloca mais fortemente nos períodos de pico de tráfego quando a rede enfrenta uma situação de congestionamento ou de carga muito elevada. Neste tipo de situação os mecanismos de QoS buscam soluções para decisões do tipo:

- a) como alocar os escassos recursos (p.ex.: banda);
- b) como selecionar o tráfego de pacotes;
- c) como priorizar os pacotes;
- d) como descartar pacotes (quais e quando).

4.4.1 Alternativas Técnicas Básicas

Dentre as alternativas técnicas básicas pode-se citar:

- a) IntServ – Integrated Services Architecture com o RSVP (Resource

Reservation Protocol);

b) DiffServ – Differentated Services Frameworking;

c) MPLS – (MultiProtocol Label Switching);

d) SBM (Subnet Bandwith Management);

e) Dimensionamento e;

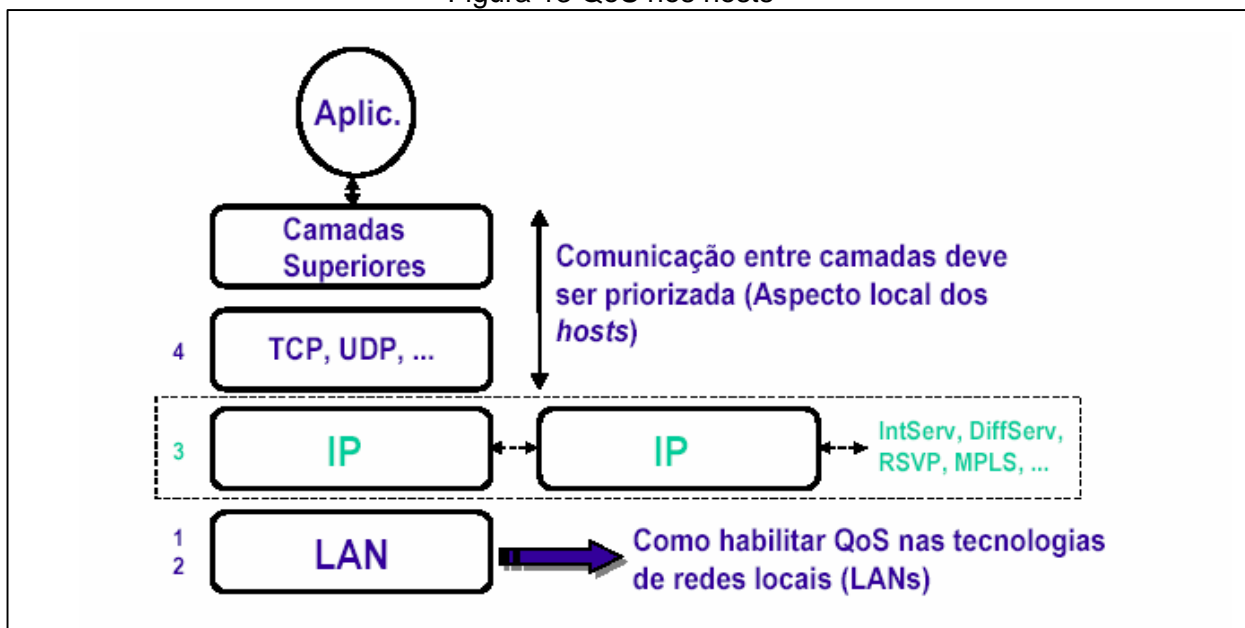
f) Soluções Proprietárias.

As soluções apresentadas anteriormente e que serão melhor descritas no Capítulo 6, abordam a QoS usando mecanismos de reserva de recursos e priorização exclusivamente para o tráfego de pacotes no nível 3 (Nível de rede) que, certamente, é o elo mais crítico da cadeia.

No que toca a garantia de qualidade de serviço nos hosts e interconexões, tem-se dois aspectos importantes a se considerar, ilustrados na Figura 13.

- a) a comunicação entre a aplicação e as camadas superiores da rede (Níveis 4, 5 ...) deve ser priorizada para as aplicações com requisitos de QoS. Normalmente, este é um aspecto local vinculado ao ambiente operacional (Sistema operacional, cache, ...) e utiliza recursos específicos do ambiente. O ajuste e definição desta "priorização" é uma tarefa normalmente atribuída ao gerente da rede ou do sistema em particular;
- b) um segundo aspecto da qualidade de serviço nos hosts (origem e destino) e nas interconexões dos equipamentos é a garantia de QoS nas tecnologias de nível 2 (Ethernet, FDDI, outras). Segue uma discussão referente a esta questão em particular.

Figura 13 QoS nos hosts



Fonte: Martins (1999)

A garantia de qualidade de serviço com as tecnologias de nível 2 se coloca nas seguintes situações práticas:

- a) comunicação *host* - roteador;
- b) comunicação roteador - *host* e;
- c) comunicação roteador - roteador em redes locais (LANs).

Neste caso, a questão que deve ser resolvida é a seguinte:

Como garantir que quadros (*Frames*) com pacotes prioritários (vinculados a um fluxo com QoS) possam ser priorizados entre si ?

Este problema pode ser abordado em determinados tipos de redes da seguinte forma:

- a) nas implementações de ethernet usando *LAN Switches*, os padrões IEEE 802.1p e 802.1Q definem mecanismos de priorização de quadros;
- b) a tecnologia ATM tem embutida na sua concepção e definição inúmeros recursos para a garantia de qualidade de serviço das células e, assim sendo, pode facilmente priorizar células com pacotes prioritários;

- c) outras tecnologias como o FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) possuem bits de prioridade que podem ser utilizados também para priorizar quadros com pacotes vinculados a fluxos com QoS.

A questão mais global que segue é como definir e, eventualmente, padronizar o mapeamento da qualidade de serviço das aplicações com os diferentes mecanismos existentes nas tecnologias de rede de nível 2.

Neste contexto o IETF está trabalhando na iniciativa ISSLL (IETF, *Integrated Services over Specific Link Layers*, 2001).

O objetivo da iniciativa ISSLL é o mapeamento dos protocolos e serviços de QoS de nível superior ($N = 3$) nos mecanismos dos protocolos de nível 2 como, por exemplo, o ethernet. Um dos resultados desta iniciativa é o desenvolvimento do SBM (*Subnet Bandwidth Management*) (YAVATKAR, 1999) para tecnologias de nível 2 compartilhadas (P. ex.: ethernet em *hubs*) e comutadas (P. ex.: ethernet em LAN *Switches*).

O ISSLL define aspectos como:

- a) estrutura de operação e comunicação SBM;
- b) mapeamento da QoS (Nível superior <-----> Nível 2) e
- c) Protocolo de sinalização.

Para uma relação completa de recomendações relacionadas com a solução SBM pode ser encontrada em (JMSN) e (IETF, 2001).

4.4.2 Mecanismos

As alternativas técnicas discutidas são implementadas através da utilização de diversos tipos de mecanismos:

- a) protocolos de sinalização;

- b) algoritmos de prioridade;
- c) algoritmos de escalonamento;
- d) algoritmos de controle de filas;
- e) algoritmos de congestionamento.

Em seguida, discute-se a funcionalidade e aplicabilidade de cada um destes mecanismos e identifica-se implementações dos mesmos que são utilizadas em roteadores, *hosts* e outros equipamentos visando a garantia de qualidade de serviço (CISCO, Chapter, 2000).

Protocolos de Sinalização no contexto da qualidade de serviço em redes IP um protocolo de sinalização (*Signalling Protocol*) pode ser entendido como :

- a) o protocolo de sinalização é utilizado pelas aplicações (*hosts*) para informar ou solicitar à rede sua necessidade de qualidade de serviço (QoS);
- b) além disso, os protocolos de sinalização permitem também que os equipamentos de rede (Roteadores, ...) possam trocar informações no sentido de cooperarem visando a garantia da qualidade de serviço aceita pela rede.

Exemplos de protocolos de sinalização no contexto da qualidade de serviço:

- a) *Resource Reservation Protocol - RSVP*: utilizado na iniciativa IntServ do IETF
- b) *Label Distribution Protocol - LDP* utilizado na alternativa MPLS para a distribuição de rótulos entre os equipamentos roteadores.

Prioridades, algoritmos de prioridade (*Priority Algorithms*) são um outro mecanismo utilizado pelos equipamentos de rede para a garantia da qualidade de serviço. Neste contexto, a prioridade pode ser entendida como um mecanismo que

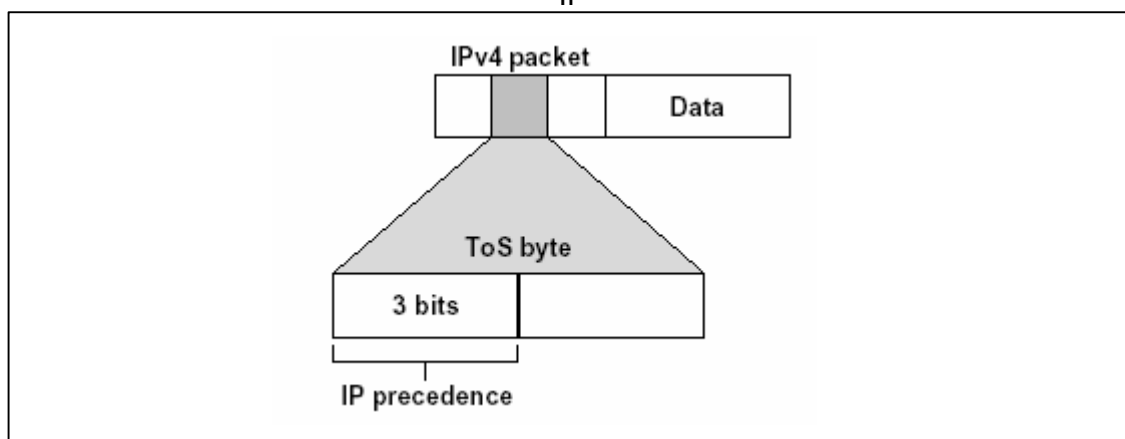
provê diferentes tempos de espera para o processamento da informação (P. ex.: pacotes e/ ou quadros).

Estes algoritmos são tipicamente implementados em roteadores mas algumas tecnologias de rede de nível 2 também suportam a utilização deste mecanismos.

Segue alguns exemplos de algoritmos utilizados:

- a) *IP Precedence*: Algoritmo definido na RFC 1122 e é uma solução de priorização de pacotes prevista no IPv4 no campo TOS (*Type of Service*) do cabeçalho dos pacotes IP;

Figura 14 Diagrama apresentando o campo IP Precedence ToS no cabeçalho de um pacote IP



Fonte: Cisco, Chapter 49 (2000)

- b) *Priority Queuing*: Algoritmo utilizado por alguns fornecedores utilizado para priorização de pacotes IP nas filas de saída de roteadores.

Dentre as tecnologias de rede de nível 2 mais difundidas que suportam mecanismos de priorização eventualmente úteis na implantação de garantias de qualidade de serviço, podemos citar:

- a) ATM (*Asynchronous Transfer Mode*);
- b) Ethernet em LAN Switches (Padrões IEEE 802.1p e IEEE 802.1Q);
- c) FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*);
- d) *Token Ring* e;

e) 100VG-AnyLAN.

Escalonamento no contexto da qualidade de serviço discutida, o mecanismo de escalonamento tipicamente presente em equipamentos roteadores procura garantir que fluxos (*streams*) diferentes de pacotes obtêm os recursos que lhes foram alocados (banda e processamento). A banda e o processamento disponíveis são distribuídos de forma justa (*Fairness*) entre os fluxos ativos existentes no equipamento em questão.

Alguns dos mecanismos de escalonamento utilizados são os seguintes:

- a) WRR - *Weighted Round Robin*;
- b) GPS - *Generalized Processor Sharing*;
- c) CBQ - *Class Based Queuing*;
- d) WFQ - *Weighted Fair Queuing*.

Controle de Filas, um outro aspecto que deve ser controlado numa fila diz respeito aos mecanismos de descarte de pacotes. A política de descarte de pacotes é necessária na ocorrência de um congestionamento e visa igualmente a garantia de equidade (*Fairness*) quanto à distribuição da banda e do processamento. Estes mecanismos normalmente não fazem nenhuma tentativa de evitar proativamente a ocorrência do congestionamento e podem ser parte integrante dos algoritmos de escalonamento de filas.

Algoritmos que lidam com o controle de filas:

- a) SFQ - *Stochastic Fair Queuing*;
- b) CFQ - *Class-Based Fair Queuing*;
- c) WFQ - *Weighted Fair Queuing*.

Como no caso anterior, estes mecanismos são utilizados tipicamente em equipamentos roteadores.

Congestionamento, os mecanismos de controle de congestionamento são também importantes para a implantação da qualidade de serviço numa rede IP. A idéia básica destes mecanismos é a inibição dos fluxos de pacotes durante o período de congestionamento de forma que os geradores de fluxos de pacotes IP reduzam a sua carga sobre a rede. Com menos pacotes sendo entregues à rede tem-se uma tendência de redução no nível de congestionamento. Neste sentido, estes mecanismos podem ser entendidos como mecanismos de controle de fluxo de pacotes.

Segue alguns exemplos de algoritmos lidando com o congestionamento de filas de pacotes IP:

- a) RED - *Random Early Detection*;
- b) WRED - *Weighted Random Early Detection*;
- c) ECN - *Explicit Congestion Notification*.

CAPÍTULO 5 TELEFONIA IP

Internet Protocol (IP) Telephony, Telefonia IP é uma das tecnologias mais emergentes no mundo das telecomunicações. É uma indústria que vem crescendo rapidamente e que promete, se não o fez, transformar a área global de comunicação em um mercado de trilhões de dólares. Um estudo da Killen & Associates (Telefonia IP: novos mercados para provedores de serviços e sistemas) apresentou um *forecast* de 17 bilhões de dólares num mercado global no ano de 2002 para equipamentos de Telefonia IP, softwares e serviços. A razão para este crescente e interesse está demonstrado pelas muitas vantagens trazidas pela tecnologia de Telefonia IP por meio de uma rede de pacotes(SOULHI,1999).

5.1 A Arquitetura

Embora muitos equipamentos VoIP ainda possuam protocolos proprietários, muitos fabricantes estão começando a suportar a recomendação H.323 como padrão.

O custo-qualidade comercializado pode ser interessante para usuários com necessidades urgentes para acessos simultâneos de voz e dados em conexões remotas.

O conjunto VoIP com *Advanced Intelligent Network*- AIN oferece uma inovação significativa na rede pública PSTN.

A fácil integração com a tecnologia *World Wide Web* está possibilitando serviços centralizados de telefonia web.

Entretanto um grande número de limitações existem:

a) a visão arquitetural da total integração da rede de Telefonia IP com os negócios empresariais ainda não está totalmente madura. Duas arquiteturas concorrentes emergiram:

- arquitetura definida pelo ITU com o protocolo H.323;

- arquitetura IETF (SAP para notificações, SIP para sinalização e RTSP para mídia sob demanda, SDP para descrição de mídia, etc.).

b) problemas de interoperabilidade de sinalização – a sinalização na rede de comutação por circuito é o SS7 e na rede IP por exemplo, pode ser o H.323 padrão do ITU ou o SIP, padrão do IETF;

c) qualidade do serviço especificada para largas escalas de serviços de telefonia – a internet pública tem uma qualidade de serviço imprevisível resultando em um impacto negativo na qualidade da voz disponibilizada.

Tipicamente *delays* devido a multi-hops podem chegar a 500 ms ou mais;

d) delimitação dos PC's quanto ao *delay*, em virtude até mesmo da ineficiência de processamento de seus sistemas operacionais.

O H.323 é o padrão de comunicação multimídia para redes de pacote que não prove garantia de qualidade de serviço. A versão inicial do H.323 foi designada para voz IP dentro das empresas.

A segunda versão do H.323 foca mais a Telefonia IP em uma WAN. Isto inclui uma programação rápida e uma recomendação adicional - H.450. A terceira versão H.323 endereça mais recursos. Inclui uma programação mais eficiente, reduzindo a troca de mensagens e tem mais serviços suplementados.

Embora a recomendação H.323 seja um padrão mundial de sinalização para Telefonia IP, existe outra alternativa para lidar com sinalização da Telefonia IP. Esta é baseada no padrão proposto pelo IETF, o *Session Initiation Protocol* (SIP) que

pode ser usado, com suas extensões, para endereçar os serviços de rede inteligente como descrito na recomendação do ITU - Q.1211 e Q.1221. Sua maior força está em ser um protocolo mais leve, que melhor se encaixa na filosofia de protocolo de Internet.

Para se interoperar com redes de comutação de circuito, o *gateway* de Telefonia IP tem que suportar o protocolo SS7 - Signaling System 7. O SS7 é usado para programação de chamadas básicas, gerenciamento, desconexão e para consulta de banco de dados que suportam serviços de rede inteligente. O suporte do SS7 pela Telefonia IP é um importante passo na integração da rede de comutação de circuitos e uma rede IP. Para fazer isso, alguns empenhos nesta área brotaram e acabaram por disponibilizar protocolos que vem assumindo a distribuição do controle de chamadas:

- a) o *Internet Protocol Device Control* - IPDC é uma série de protocolos para sinalização de transporte em uma rede IP, gerenciamento de devices, controle de media e controle de conexão;
- b) o *Simple Gateway Control Protocol* - SGCP é desenhado para controlar *gateway* de voz sobre o IP (VoIP) de elementos de controle de chamadas externas;
- c) o *Media Gateway Control Protocol* - MGCP é resultado da fusão do SGCP e das propostas IPDC. *Diameter* é uma política de protocolo leve usada entre um cliente e um servidor para autenticação, autorização e contabilização de vários serviços que está integrado com as propostas do IPDC;
- d) o *Open Settlement Protocol* - OSP constitui um grupo de protocolos voltado para autenticação, autorização e contabilização para Telefonia IP,

possibilitando aos provedores de serviço ISP's a escalarem seus serviços de VoIP;

- e) o *Gateway Location Protocol* - GLP está sendo desenvolvido para suportar a descoberta e a localização de *gateways* em domínios administrativos remotos.

Outros protocolos estão sendo discutidos pelo IETF como o *Sigtrans* para sinalização de transporte, através do IP e *Megaco*, para dispositivos de controle.

A qualidade de serviço – QoS que é uma questão importante para aplicações sensíveis ao tempo. Uma provisão a mais de banda pode ser a solução para a escassez de QoS nas redes IP. Embora existam novas tecnologias como o *Dense Wave Division Multiplexing* – DWDM e o *Gigabit Ethernet* que pode prover um incremento de banda, entretanto, mecanismos de QoS também são necessários.

As principais arquiteturas e técnicas definidas para QoS IP são:

- a) *the Integrated Services for the Internet*: Intserv;
- b) *the Differentiated Services*: Diffserv;
- c) *the Multiprotocol Label Switching*: MPLS.

A arquitetura *The Integrated Services for the Internet* (Intserv) foi proposta na RFC1633 com o objetivo de suportar tráfego de tempo real. É uma tarefa relativamente complexa. Requer reserva de recurso, controle de admissão, classificação de pacotes, organização de horários de transmissão e ainda dificuldades em escalar backbones “largos”. Esta arquitetura é baseada no *Resource Reservation Protocol* - RSVP.

A rede ATM pode suportar Intserv. O ISSLL, um grupo do IETF, procura descobrir como o Intserv pode mapear em específicos níveis do link. Existe um subgrupo que está pesquisando o mapeamento do Intserv no ATM.

O modelo *Differentiated Services*- Diffserv minimiza a sinalização e se concentra em fluxos agregados. Está baseado na nova implementação do campo, tipo de serviço *type of service* – ToS do cabeçalho do IPv4 ou no octeto *traffic class* do IPv6, renomeado *Differentiated Services* - DS e usado para marcar um pacote para que este receba um tratamento particular para o seu envio, ou um comportamento *per-hop* em cada nó da rede.

O *Multiprotocol Label Switching* - MPLS objetiva ativar canais virtuais para tráfego que não precisa ser roteado a cada *hop*. Implementações podem ser baseadas na detecção de fluxo (por exemplo, IP Switching) ou topologia de roteamento (por exemplo, *Tag Switching*). Oferece uma integração do esquema de roteamento do protocolo IP. Com a tecnologia de *Cell Switching*, simplifica a interoperabilidade IP e ATM e melhora a performance, escalabilidade e funcionalidade.

Apesar dos desafios, a voz sobre uma rede IP , cada vez mais recebe atenção das indústrias líderes de mercado no segmento. Novas gerações de prestadores de serviços surgiram, como o I-Link, Level 3 e o IDT (Net 2 Phone). A principal razão para este sucesso é a popularidade do IP, seu domínio nos ambientes de trabalho, devido aos preços baixos da tecnologia e da independência de seus recursos de transporte. O IETF está definindo uma arquitetura deixando o processamento inteligente fora dos pontos finais e facilitando a implantação da solução, tarifação e requerimento de medição. Também, os assuntos listados abaixo devem ser resolvidos (SOULHI,1999):

- a) interoperabilidade com redes legadas e entre a solução de voz sobre protocolos de pacote (combinando VoFR ou canais virtuais VoATM com a sessão VoIP. Etc.);

- b) sinalização de transporte viável e confiável sobre IP (ISVP/TCAP sobre IP, etc.);
- c) desafio de qualidade de serviço para redes IP;
- d) qualidade de serviço em roteamento;
- e) resolução de endereço: SIP URL, H.323 URL e endereços E.164;
- f) VoIP em ambiente wireless;
- g) modelo de preço para Telefonia IP, baseada em qualidade de serviço oferecida;
- h) assuntos econômicos e regulatórios.

5.2 Protocolos Relacionados à Telefonia Ip

Pode-se afirmar que os protocolos relacionadas a Telefonia IP, são aqueles que a fazem uma realidade e são o coração do serviço na Internet e o que o faz sedidtinguir dos outros. Dentre estes, os que serão descritos, incluem-se:

- a) o Real Time Protocol (RTP), que proporciona o indicador de tempo (time stamp) necessário para permitir a remoção dos pacotes que se deparam com um *delay* variável, conforme trafegam pela rede;
- b) a recomendação H.323, que proporciona um mecanismo uniforme para comunicações multimedia através da rede;
- c) o Session Initiation Protocol (SIP), que proporciona um protocolo de sinalização p/ estabelecimento de chamadas via uma rede TCP/IP;
- d) o Session Description Protocol –SDP-, usado para descrever sessões multimídia em telefonia ou distribuição de aplicações como radio na Internet;
- e) o Real Time Streaming Protocol – RTSP- usado para controlar um

servidor de armazenamento de mídia;

- f) o *Gateway Location Protocol* – GLP – para suporte a conversão de sinalização e media entre uma rede de pacotes e uma rede telefônica (PSTN);
- g) o *Media Gateway Control Protocol* (MGCP) prove um mecanismo para controlar *Gateways* de Telefonia;

Antes da descrição dos protocolos, serão descritas algumas funções importantes que os mesmos executam:

User Location – Se um usuário A deseja se comunicar com um usuário B. A precisa saber onde o usuário B esta acessável na rede para que a solicitação de estabelecimento da sessão possa chegar até ele. Esta função é chamada de “user location”. Usuários podem estar em diferentes lugares em diferentes momentos, e sempre alcançável simultaneamente em sua estação de trabalho, em um telefone conectado a sua rede (telefone IP), em um telefone tradicional ou em seu PC em sua residência. Esta função é particularmente importante para usuários cujo PC não tem endereço fíxo. (Quase todas as conexões via modem, incluindo o serviço ADSL e cable modem, designam endereços a PC's dinamicamente usando o protocolo DHCP- *Dinamic Host Configuration Protocol*).

Session Establishment, o protocolo de sinalização permite a parte chamada, aceitar a chamada, rejeitá-la ou redirecioná-la para outra pessoa, voicemail ou página *Web*.

Session Negotiation, a sessão multimidia quando iniciada, pode compreender diferentes tipos de streams de media, incluindo audio, video e aplicações compartilháveis. Cada um destes streams de media pode usar uma variedade de diferentes diálogos e algoritmos de compressão de video e ocorrer em diferentes

tipos de endereços multicast ou unicast e portas. O processo de negociação da sessão permite que as partes envolvidas estabeleçam um grupo de parâmetros. Este processo também é identificado algumas vezes como “capabilities exchange”

Call Participant Management, novos membros podem ser adicionados à sessão e membros existentes podem deixar a sessão.

Feature Invocation, recursos de chamadas, como aguardar, transferir e mute, requerem comunicação entre as partes.

Alguns protocolos existem para preencher estas necessidades. Um deles é a Recomendação H.323 do ITUT, que descreve um grupo de protocolos, já o IETF definiu dois protocolos que realiza várias das tarefas acima mencionadas: o *Session Initiation Protocol* – SIP e o *Session Description Protocol* – SDP.

Estes protocolos serão descritos a seguir (SHULZRINNE,1999).

5.2.1 Call Processing Language

É uma linguagem de desenvolvimento de scripts que permite aos usuários especificarem o comportamento dos agentes de chamadas para que executem suas tarefas. Os agentes de chamadas são invocados quando uma chamada chega em um servidor SIP. Estes agentes executam as instruções contidas na CPL. Isto permite a um usuário final especificar seus próprios serviços de chamadas. Por exemplo, um usuário pode instruir ao agente estabelecer uma chamada tentando um telefone celular, um PC residencial, um PC de trabalho, tudo ao mesmo tempo (SHULZRINNE,1999)

5.2.2 Real Time Protocol –RTP

O protocolo RTP foi aprovado como um padrão da Internet em meados de 1995 e está definido nas RFCs 1889, intitulada “RTP : A Transport Protocol Real-

Time Applications” e RFC 1890, intitulada “RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control”.

Muito dos maiores fabricantes, dos quais incluem-se Intel, Microsoft, Netscape, demonstraram sua intenção em construir seus produtos de voz e vídeo incluindo o Protocolo RTP nos padrões existentes. Embora algumas aplicações de áudio e vídeo usem um protocolo conhecido como VAT, este protocolo usa um método de codificação de áudio especificado no próprio RTP. Desse modo, pode-se esperar uma migração ao RTP, o que facilitará a interoperabilidade dos produtos atualmente baseados em tecnologias proprietárias.

Foi desenvolvido como um serviço de entrega fim-a-fim, para dados com características real-time. Estes serviços incluem indicador de tempo (time stamping), sequência numérica, entrega monitorada, e identificação de qualidade dos dados transportados. Uma real monitoração da qualidade de serviço é dirigida pelo RTP Control Protocol (RTPC).

Pode ser considerado um serviço da camada de Aplicação. Aplicações como telefonia na Internet em geral executam o RTP no topo do protocolo UDP (), com o RTP e o UDP formando porções distintas das funcionalidades de transportes, requeridas para suportar uma transferência de dados real-time.

Em vez de funcionar como um protocolo de nível 4, o RTP foi designado a ser embutido em um processo de aplicação. Então à especificação do RTP, prove um mecanismo para denotar um conjunto de funções para aplicações que requerem o uso do Real-Time Transport Protocol. Embora o RTP disponibilize um considerável grau de flexibilidade, nota-se que não contem nenhum mecanismo que garanta a entrega do dado na hora esperada, nem prove qualquer outra garantia de qualidade de serviço, mas o RTP conta com os serviços das camadas inferiores, como o

RSVP, para prover esta habilidade.

Quando o RTP é transportado pelo UDP, a especificação requer a utilização de uma porta de número par, com um RTCP stream correspondente, funcionando como um mecanismo de controle usando a próxima maior porta de número par.. Se a aplicação prove um número ímpar para ser usado como uma porta do RTP, a especificação requer sua substituição pelo número imediatamente inferior, ou qualquer porta par e numerada.

Como todo protocolo de transferência de dados, o RTP consiste de um cabeçalho seguido de dados, formando um pacote. Diferente de outros protocolos de transporte que usam o conteúdo dos campos de dentro do cabeçalho para controlar processos, o RTP usa um mecanismo de controle separado no formato dos pacotes RT Control Protocol para esta finalidade.

O cabeçalho do RTP - A Figura 15 ilustra o formato do cabeçalho RTP que contém dez campos sendo o último opcional, que é incluído quando pacotes de áudio são ressincronizados para reconstruir espaços de tempo constantes de 20-ms. A ressincronização é realizada por um relay no nível do RTP, referenciado como *mixer*, que proporciona um stream de áudio, variar, baseado na disponibilidade das bandas dos diferentes circuitos. O mixer é uma parte importante do protocolo RTP. Em conjunto com tradutores, ele permite que estações com diferentes capacidades participem em conferência real-time sem necessitar que todas as estações se programem para operar como a parte inferior em termos de codificador de voz e outras características inerentes a um stream de dados de tempo-real. Mixers podem ser usados para ser reconstruir áudio e outras mídias, em ambientes de banda restrita, e geralmente de baixa qualidade dos streams. Desse modo, ele permite que outras estações recebam uma versão degradada de uma transmissão multicast, em

vez de forçar que todas estações venham a receber a versão degradada ou excluindo algumas estações de receberem a transmissão devido a sua inabilidade de servir a um stream de dados de alta qualidade.

Um mixer recebe uma seqüência de pacotes RTP de uma ou mais origens e os combina em um novo stream de dados. Aquele data stream pode ser direcionado a um único ou múltiplo destino, com o formato do dado como da origem ou alterado. Um tradutor representa um device simples, como ele opera com um pacote por vêz, gerando um pacote sainte para cada pacote entrante recebido. O tradutor pode também mudar o formato do dado no pacote quando inicia o uso de protocolos diferentes prara transferência dos dados. Juntos, mixers e tradutores proporcionam um mecanismo que possibilita estações com diferentes capacidades para que independentemente recebam streams de dados de tempo-real, sem ao contrário, afetar a capacidade de outras estações. Para que se possa realmente avaliar a capacidade do RTP, sugere-se o estudo de todos os campos que compõem o seu cabeçalho (*HELD,2001*)(*SHULZRINNE,1998*).

Figura 15 Cabeçalho RTP

<i>V</i>	<i>P</i>	<i>X</i>	<i>CC</i>	<i>M</i>	<i>Payload</i>	<i>SN</i>
Time Stamp						
Synchronizatio souce identifier						
Contribution source identifier						
V = Version field (2bita) P = Padding field (1bit) X = Extension field (1 bit) CC = Contribution source identifier count (4 bits) M = Marker field (1 bit) Payload = Payload type field (7 bits) SN + Sequence number field (16 bits)						

Fonte: Held (2001)

5.2.3 A Recomendação H.323

Seguindo a tendência de uma Internet Globalizada e da convergência das redes, diversos órgãos internacionais estabeleceram padrões para suporte a telefonia em rede de pacotes. O primeiro padrão foi o H.323 *(ITU,1999)]* do ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications Section). O H.323 é um framework de recomendações sobre como implementar comunicação multimídia em redes de pacotes sem qualidade de serviço. Existem muitas implementações H.323 no mercado, como o *Netmeeting* da *Microsoft*, *IP Phone* da *Intel*, soluções desenvolvidas pela *PictureTel*, entre outros *(SITE)*.

A recomendação H.323 conceitualmente descreve terminais, equipamentos e serviços para comunicação multimídia sobre redes locais sem garantia de qualidade de serviço (QoS).

Terminais e equipamentos H.323 podem transportar voz em tempo real, dados e vídeo ou

qualquer combinação destes, como a videotelefonia.

A LAN sobre a qual os terminais H.323 se comunicam pode ser um só segmento de rede, ou podem ser múltiplos segmentos, com topologias mais complexas. Entretanto, deve-se lembrar que a operação do H.323 sobre múltiplos segmentos de rede local, incluindo-se seu uso com a Internet, pode resultar em perda de escalabilidade [ART-COMP].

No H.323, o usuário se registra em um elemento de rede chamado Gatekeeper (GK). O GK é um servidor cujas principais funções são o controle de admissão de ligações, decrementando de um valor presumido de banda disponível a cada admissão, e a procura por usuários H.323 registrados. O H.323 é baseado na noção de domínios administrativos. Domínio administrativo é o conjunto de GKs que são considerados vizinhos, ou seja, aqueles servidores que estão dentro da mesma região administrativa, mas têm registros de clientes diferentes.

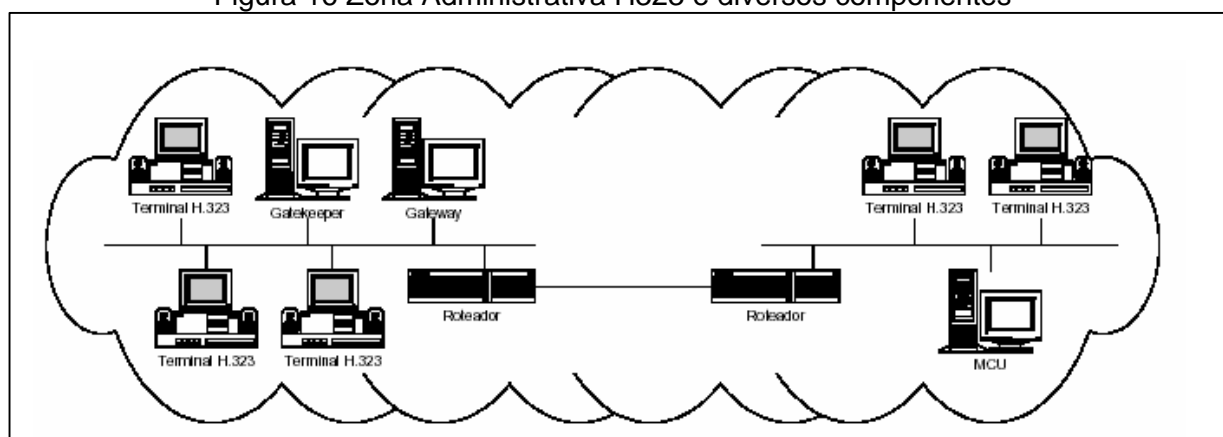
Terminais H.323 podem ser implementados em software em PCs ou integrados em dispositivos independentes como videofones, ou IPfones. Na recomendação, o suporte a voz é obrigatório, enquanto suporte a transporte de dados e vídeo são aspectos opcionais. O H.323 abstrai o transporte das mídias, tratando-o como um canal. Ele permite que mais de um canal seja usado para cada tipo de mídia. Existem outras recomendações que fazem parte da pilha de protocolos do padrão H.323. São elas: H.225.0 (ITU, 1996), para mensagens RAS (Requisição, Admissão e Status) e sincronização; H.245 (ITU, 1998), para controle de mídia; H.261 e H.263, para codificação e decodificação de vídeo; G.711, G.722, G.728, G.729, e G.723, para codificação e decodificação de áudio; e T.120, para protocolos de comunicação de dados.

O H.323 usa os procedimentos de abertura de canais lógicos descritos na

recomendação H.245 (ITU,1998), onde cada sessão de mídia corresponderá a um canal. Antes de abrir o canal, os terminais já trocaram mensagens sobre o conjunto de capacidades, orientados pelo H.245, e sabem quais as mídias que podem receber/enviar e quais os transportes suportados pelo outro terminal.

A parte de sinalização e estabelecimento de chamada do H.323 é baseada na norma de telefonia ISDN Q.931, usando as extensões definidas pela norma H.225 para o campo to-User (SETUP UUIE). Assim, toda a negociação de controle de chamada básica é feita pela Q.931/H.225, ficando apenas a negociação de mídia para o H.245. Na arquitetura descrita pela recomendação H.323 para a Telefonia IP, existem vários elementos fundamentais Figura 16.

Figura 16 Zona Administrativa H323 e diversos componentes



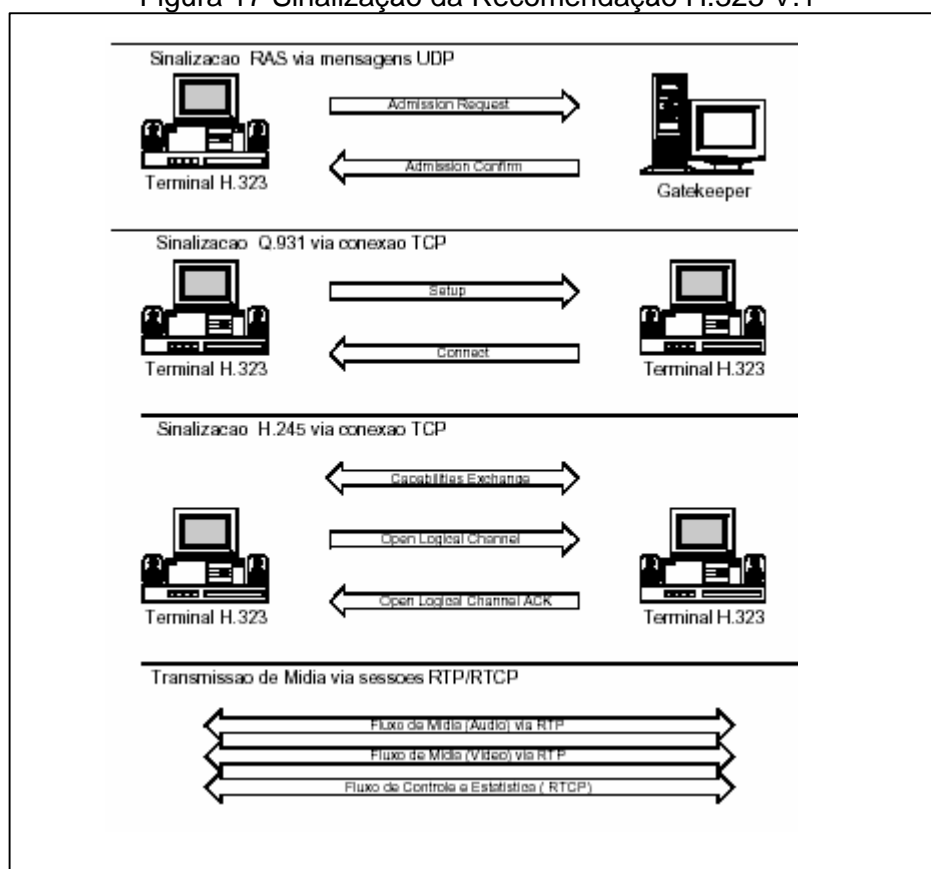
Fonte: Marcondes (2002)

Tabela 6 Descrição dos componentes da Figura 16-Zona Administrativa H323

Componente H.323	Função
Terminais H.323	São os clientes da arquitetura, ou ponto finais da comunicação.
Gatekeeper	São responsáveis por manter o registro dos clientes, capazes de achar um cliente registrado em outro GK, e podendo fazer uso de serviços de diretórios (LDAP).
MCU	Possui funções de controle para suporte a conferências entre três ou mais pontos terminais em uma conferência multiponto.
Gateway PSTN	Provê a tradução apropriada entre formatos de transmissão e procedimentos de comunicação, além de gerar e detectar sinais DTMF (Dual-Tone MultiFrequency), correspondendo à sinalização do H.245 (necessário para interação com a PSTN).
Border Element	Responsável pela interface entre duas regiões administrativas H.323.

Fonte: Marcondes (2002)

Figura 17 Sinalização da Recomendação H.323 V.1



Fonte: Marcondes (2002)

A sinalização H.323 é extremamente complexa, devido principalmente a sua

extensa pilha de protocolos, e a conformidade com padrões antigos da ITU-T. Na Figura 17, tem-se uma idéia dessa complexidade. As mensagens ARQ (Admission Request, ou pedido de abertura de sessão), ARJ (Admission Reject, ou a rejeição do pedido) e ACF (Admission Confirm, ou a confirmação do pedido) são exclusivas dos terminais H.323. Estas mensagens, em conjunto com LRQ (Location Request), LCF (Location Confirm), LRJ (Location Reject), usadas pelos gatekeepers, formam o que denomina-se conjunto de mensagens RAS (Requisição, Admissão e Status). Um terminal registrado em um GK

sempre pedirá autorização ao GK para iniciar e/ou aceitar chamadas de Telefonia IP. As mensagens Q.931 são SETUP (estabelecimento de chamada ISDN), Call Proceeding (equivalente ao Ringing do SIP) e CONNECT (confirmação do estabelecimento de chamada). Na fase de inicialização de mídia pelo H.245, uma porta TCP é aberta para negociação dos subconjuntos de mídias suportados e a ordem de preferência das mídias.

O canal H.245 é mantido aberto caso alguém abra uma nova sessão de mídia, ou modifique uma existente. As mensagens mais básicas do H.245 são: Capability Exchange (troca de conjuntos de capacidades de mídia entre os terminais), Open Logical Channel (abertura de canal de controle do fluxo de mídia) e Open Logical Channel Acknowledge (confirmação do mesmo).

O transporte do fluxo de mídia, após a fase de negociação, acontece no nível de rede pelo uso do protocolo de transporte RTP (Real time Transport Protocol) (SHULZRINNE, 1996), sendo este também usado pelo SIP, para transporte de mídia (MARCONDES, 2002).

5.2.4 Session Initiation Protocol – SIP

Para suporte a telefonia na Internet, a IETF (Internet Engineering Task Force) propôs um mecanismo mais simples para sinalização telefônica na rede IP, criando um protocolo chamado SIP (Session Initiation Protocol) (*HANDLEY, 1998*), com raízes no amplamente utilizado protocolo HTTP. Em pouco tempo, o SIP mostrou-se tão abrangente para a telefonia e com tanto poder de integração com as tecnologias voltadas para a própria Web, que muitas empresas passaram a desenvolver implementações a partir dele (*SINGH, 2000*). Ele se tornou um grande concorrente na arena de Telefonia IP.

O SIP (Session Initiation Protocol) (*HANDLEY, 1998*) é um protocolo em nível de aplicação da IETF, que estabelece, modifica e termina sessões multimídia e/ou ligações. Estas sessões podem ser conferências multimídia, aulas pela Internet, telefonia sobre Internet, entre outras.

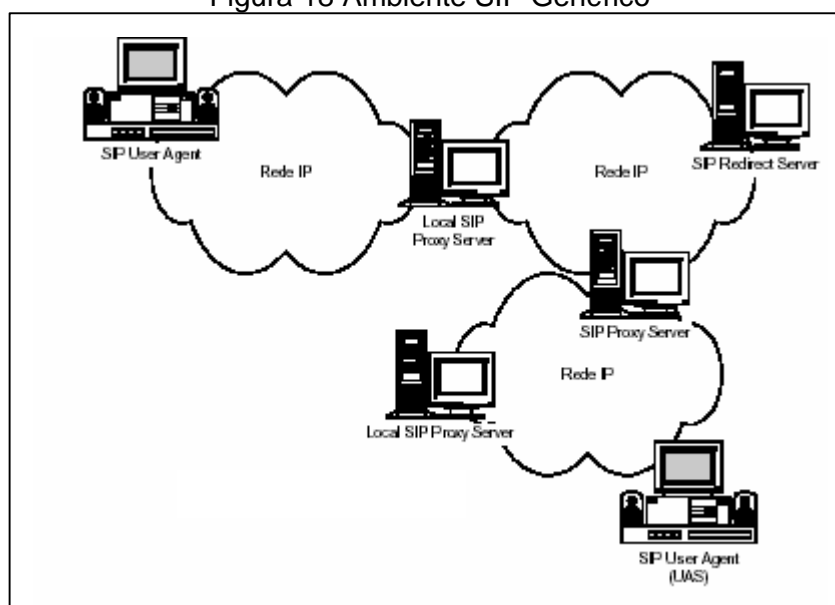
Na Figura 18 apresenta-se um ambiente SIP genérico, com os três componentes principais: SIP User, Agent, SIP Proxy Server e SIP Redirect Server. O conjunto destes componentes operando numa rede IP é definido como “rede” SIP. Estes componentes são descritos na tabela abaixo (*MARCONDES, 2002*).

Tabela 7 Componentes Protocolo SIP

Componente SIP	Função
SIP User Agent	Cliente da arquitetura, ou o ponto final da comunicação multimídia.
SIP Proxy Server	Servidor de redirecionamento de requisições e respostas SIP. Passa a realizar a sinalização como se fosse o originador da chamada, e quando a resposta lhes é enviada, ela redirecionada para o originador real.
SIP Redirect Server	Redireciona requisições e respostas, enviando uma mensagem para os clientes com o novo endereço SIP procurado, e não fazendo o papel de continuar a chamada.
SIP Registrar Server	Servidor SIP que suporta requisições REGISTER, usadas para registrar as informações dos usuários em algum Servidor de Localização.
Servidor de Localização	Na RFC do SIP [ART-SIP, apenas as funcionalidades de armazenamento e consulta de registros de usuários SIP neste servidor são descritas, ficando a critério do implementador da solução SIP a escolha da melhor tecnologia para esta finalidade.

Fonte: Marcondes (2002)

Figura 18 Ambiente SIP Genérico



Fonte: Marcondes (2002)

A “rede” SIP pode ser acessada via Internet usando uma URI (Uniform Resource Identifier). A URI é uma *string* compacta para endereçar os recursos físicos ou abstratos dentro da rede. Exemplos de endereçamentos SIP são “*alias*” (ou apelido) como esta URI <sip://usuário@servidor> ou pode ser um # de telefone,

como <tel://5556666@gw.ufrj.br>. A parte do host na identificação URI pode ser um domínio internet alfanumérico válido ou um endereço IP numérico.

O protocolo SIP é baseado no HTTP e, assim como este, suporta o transporte de qualquer tipo de carga em seus pacotes, pelo uso de Mime-Types (Multipurpose Internet Mail Extensions). O SIP funciona numa arquitetura cliente/servidor, e suas operações envolvem apenas métodos de requisição e respostas, como observado também no HTTP e no RTSP. Os métodos de requisição do SIP são os seguintes: INVITE, ACK, OPTIONS, BYE, CANCEL, e REGISTER. O comportamento destes métodos é descrito na abaixo.

Tabela 8 Métodos de requisição do protocolo SIP

Nome do Método	Comportamento
INVITE	Indica que o usuário está sendo convidado a participar de uma sessão multimídia. O corpo da mensagem pode conter uma descrição da sessão, utilizando-se o protocolo de descrição de sessão SDP (Session Description Protocol)[4].
ACK	Mensagem recebida como resposta final a um INVITE. A requisição ACK pode conter o SDP de descrição da sessão negociada entre ambos os clientes. Se não contiver o SDP, o usuário chamado pode assumir a descrição dada pelo primeiro INVITE, se houver.
OPTIONS	Faz uma pergunta sobre quais métodos e extensões são suportados pelo servidor e pelo usuário descrito no campo de cabeçalho <To:> . O servidor pode responder a esta pergunta com o conjunto de métodos e extensões suportado pelo usuário e por ele mesmo.
BYE	Usado para liberar os recursos associados a uma ligação e forçar a desconexão da mesma.
CANCEL	Cancela uma requisição que ainda esteja pendente, ou seja, em andamento. Uma requisição é considerada pendente, se e somente se, ela não foi atendida com uma resposta final.
REGISTER	Um cliente usa este método para registrar o "alias" (apelido) do seu endereço em algum servidor SIP, que, por aceitar registro de usuários, chamamos de serviço REGISTRAR.

Fonte: Marcondes (2002)

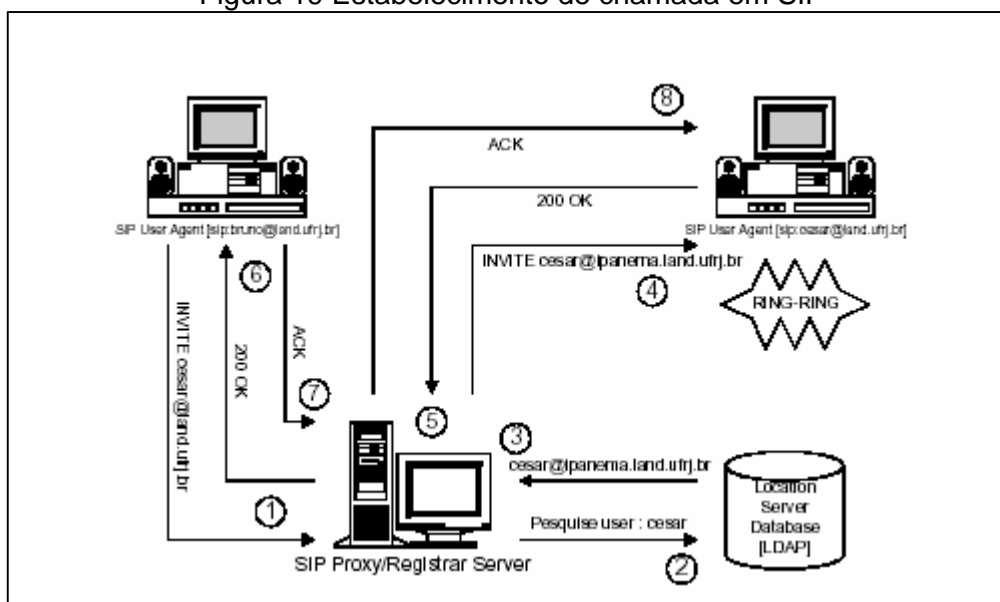
Para localização, são usadas bases de dados locais ou servidores LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), onde é possível montar diretórios de usuários e seus perfis. Para cada requisição ou resposta, temos um grupo de cabeçalhos, divididos em:

- a) cabeçalhos gerais, com informações importantes sobre a chamada;
 - cabeçalhos de entidade, com metainformação sobre o corpo da mensagem;
- b) e os cabeçalhos específicos, que permitem passar informações adicionais, que não couberam na linha de status da requisição ou da

resposta.

Quando requisições são atendidas, as respostas enviadas são identificadas por números, que significam a classe da resposta. Pode-se enviar diversas mensagens provisórias antes de se enviar uma resposta definitiva. Existem seis classes possíveis de resposta: Classe 1XX, respostas temporárias ou informativas; Classe 2XX, resposta final de sucesso; Classe 3XX, redirecionamento da requisição; Classe 4XX, erros no cliente; Classe 5XX, erros do servidor; e Classe 6XX, erros globais na rede.

Figura 19 Estabelecimento de chamada em SIP



Fonte: Marcondes (2002)

Na Figura 19, tem-se o exemplo de um fluxo de convite para um usuário na “rede” SIP, mostrando características de mobilidade do usuário, mensagens de requisição, e mensagens de resposta finais. Acompanha-se na Figura 19 as descrições numeradas a seguir:

- a) usuário bruno pede para ser criada uma sessão entre ele e o usuário de "alias" cesar@land.ufrj.br. [Requisição SIP INVITE];
- b) o servidor proxy então pergunta ao servidor de localização de usuários

(Location Server Database) onde está o usuário com esse "alias" [usando o Protocolo LDAP];

- c) a resposta deste servidor é a atual localização do usuário (esta é a característica de mobilidade na rede SIP. Seu último REGISTER partiu de ipanema.land.ufrj.br);
- d) a requisição de abertura de sessão é então redirecionada pelo proxy para o endereço correto [Requisicao SIP INVITE]. Então, o usuário cesar na máquina ipanema.land.ufrj.br sera alertado, recebendo o toque de chamada [RING-RING];
- e) Cesar decide se juntar à sessão e o seu cliente SIP responde para o servidor proxy que a sessão pode ser aberta [Resposta de Sucesso 200 OK para o Servidor Proxy];
- f) o servidor proxy redireciona essa resposta ao cliente chamador [Resposta de Sucesso 200 OK redirecionada para bruno];
- g) o cliente chamador bruno indica para o servidor que a negociação da sessão acabou e a sessão está aberta [Requisição ACK contendo a negociação final de mídia];
- h) enfim, o servidor proxy indica para o cliente chamado que a negociação da sessão acabou e a sessão está aberta [Requisição ACK contendo a negociação final de mídia].

5.2.5 Session Description Protocol –SDP

O protocolo SDP, é usado tanto para descrever sessões multimidia em telefonia, quanto para a distribuição d aplicações como radio na Internet. O protocolo, incluiinformações sobre :

Media Streams, uma sessão multimídia pode conter grande número de

streams, por exemplo, dois streams de audio, um stream de video e uma sessão de quadro branco. O SDP converte o número e o tipo de cada media stream. Ele correntemente define audio, video, dados, controle e aplicações, como diferentes tipos de streams, similarmente aos tipos definidos pelo MIME utilizados para o Internet mail.

Adresses, para cada stream, o endereço destino (unicast ou multicast) é indicado. Os endereços para diferentes streams de media podem diferir, um usuário pode por exemplo receber audio em um telefone de *delay* baixo ligado a rede, e um video em uma estação de trabalho.

Portas, para cada stream, são indicadas portas UDP para envio e/ou recepção.

Payload Types, os formatos das medias que podem ser usadas durante a sessão, também são transportados. Para sessões unicast ('Telefonia IP tradicional'), esta lista é chamada "capability set".

Start and Stop Times, para sessões estilo Broadcast, como programas de televisão, as horas de início, fim e as repetições das sessões são transportadas. Deste modo, uma pessoa pode anunciar ou convidar outras pessoas prar um show de TV semanal ou para uma aula expositiva em qualquer data.

Originator, para sessões estilo Broadcast, a descrição da sessão, identifica o originador da sessão, e como esta pessoa pode ser encontrada (por exemplo, em caso de dificuldades técnicas). O protocolo SDP carrega esta informação em um formato textual simples.

De fato, o termo "Description" do protocolo SDP é uma designação incorreta, ujma vez que o SDP é mais do que uma descrição de formato. Quando uma chamada é estabelecida usando o protocolo SIP, a mensagem INVITE, contém um

corpo SDP, descrevendo os parâmetros da sessão, que são aceitos pelo chamador. A resposta da parte chamada, contém uma versão modificada desta descrição, incorporando capacidade da própria parte chamada

Figura 20 Exemplo de uma descrição SDP

```
v = 0
o = g.bell 87728 IN IP4 132.151.1.19
s = Come here, Watson!
u = http:// www.ietf.org
e = g.bell@bell-telephone.com
c = IN IP4 132.151.1.19
b = CT:64
t = 3086272736 0
k = clear:manhole coverr
m = audio 3456 RTP/AVP 96
a = rtmap:96 VDVI/800/1
m = video 3458 RTP/AVP 31
m = applicatio 32416 udp wb
a = orient:portrait
```

Fonte: Shulzrinne, H (1999)

A linha “v” identifica uma versão para a sessão. A linha “o” um conjunto de valores que identifica univocamente a sessão. A linha “u” e a linha “e”, dão a URL e o endereço de email para futuras informações sobre a sessão. A linha “c” indica o endereço para a sessão, a linha “b” indica a banda, e a linha “t” a hora de início e fim (quando o valor for 0 (zero), indica que a sessão continuará indefinidamente). A linha “k”carrega as chaves de criptografia para a sessão. Existem três linhas “m” cada uma delas identifica o tipo de stream de media (audio, video e aplicação de quadro branco), o número da porta para aquele stream, o protocolo e uma lista de cargas. A linha “a” , especifica um atributo, por exemplo a linha abaixo da definição do stream de audio, define os parâmetros do codc paro a carga RTP tipo 96

(SHULZRINNE,1999).

5.2.6 Real Time Streamimg Protocol – RTSP

O protocolo RTSP é usado para controlar um servidor de armazenamento de mídia. Esta categoria de servidor é um tipo de dispositivo capaz de disponibilizar uma mídia pré-gravada, de um disco para arede e gravar conteúdos multimídia para um disco. Oferece controle similar para aqueles em um controle remoto VCR. Um cliente pode instruir ao servidor a tocar, gravar, adiantar rapidamente, retroceder e pausar. Ele também pode configurar o servidor com o endereço IP, portas UDP, e codificadores da fala a serem usados na entrega de medias, ou na gravação da mesmas. Tipicamente, a media é enviada do servidor de media usando o protocolo RTP (SHULZRINNE,1999).

5.2.7 Gateway Location Protocol –GLP

O protocolo SIP permite ao usuário da Internet, chamar outro usuário também na Internet. E se um usuário na Internet, desejar chamar alguém que não esteja na Internet e sim na rede telefônica? Neste caso, um *gateway* de telefonia na Internet será necessário para que os dois mundos se comuniquem. Este dispositivo terá que ser capaz de converter sinalização e media entre uma rede de pacotes e uma rede telefonica (PSTN).

Para complementar a chamada para a PSTN, um host IP tem que enviar um SIP INVITATION para o *gateway*. Entretanto, como o agente chamador irá encontrar e selecionar um dos muitos *gateways* para completar a chamada? Na teoria, cada *gateway* pode chamar “quase” qualquer número, mas o agente chamador pode querer ainda minimizar o percurso, escolhendo a melhor opção de caminho para a PSTN. Funções estas que são garantidas pelo GLP

(SHULZRINNE,1999).

5.2.8 Media Gateway Control Protocol – MGCP

A função do *Media Gateway Protocol- MGCP* é prover um mecanismo para controlar *gateways* de telefonia, de elementos de controle de chamadas externas referenciados como agentes de chamada ou *gateways* controladores de media. O MGCP foi primeiramente baseado no *Simple Gateway Protocol – SGCP*, um protocolo de sinalização baseado em “strings”ASCII. O SGCP é notavel, devido ao fato de prover um alicerce para o MGCP em uma versão usada em TV’s a cabo para utilização da telefonia a cabo. Em um ambiente de protocolo TCP/IP o MGCP é transportado via UDP e representa uma aplicação residindo no nível 5 da pilha de protocolo TCP/IP.

O protocolo MGCP, realiza suas operações, emitindo uma seqüência de comandos ASCII a pontos finais, onde um ponto final, representa um ponto de entrada e saída de fluxos de media. Cada comando consiste de um verbo, que define uma ação a ser realizada pelo ponto final selecionado. O vocabulário MGCP consiste de oitocomandos onde cada um tem um cabeçalho e pode conter outros parametros para incluir uma descrição da sessão que programa o ponto final a reconhecer e gerar um formato aplicável de media .

Tabela 9 Comandos do MGCP

VERBO	CÓDIGO MGCP
CreateConnection	CRCX
ModifyConnection	MDCX
DeleteConnection	DLCX
Notification Request	RQNT
Notify	NTFY
AuditEndpoint	AUEP
AuditConnection	AUCX
ReStartInProgress	RSIP

Fonte: Held (2001)

Os parâmetros suportados pelo protocolo MGCP, vão de CallID que identifica a chamada, ao SignalRequest que solicita ao ponto final a gerar um sinal específico como um tom de dial. O suporte de parâmetros específicos, variam conforme o commando MGCP, com alguns parâmetros suportados por apenas um commando, enquanto alguns parâmetros são suportados por múltiplos comandos.

Utilizando o MGCP com o H323 – Embora o protocolo MGCP não tem que ser parte do H.323, se o mesmo acontecer, um agente de chamada MGCP vai agir como um gatekeeper H.323. Isto permite a um terminal compatível com o H.323 estabelecer chamadas com o ponto final MGCP. Neste ambiente um terminal compatível com o H.323 irá usar uma sinalização H.225/H.245 para um agente chamador. O agente chamador irá então usar comandos MGCP para controlar os pontos finais no *gateway*. Então, o protocolo MGCP pode ser visto como um protocolo de controle de *gateway*, que tem um considerável grau de flexibilidade em sua utilização (HELD,2001).

5.3 Planejando a Rede de Telefonia IP

Na etapa de planejamento de uma rede de Telefonia IP, alguns itens devem ser levados em consideração, os quais cita-se (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001A):

- a) avaliar e documentar a infra-estrutura de dados existentes;
- b) avaliar e documentar a infra-estrutura de telecomunicação;
- c) avaliar e documentar a infra-estrutura de fornecimento de energia e cabeamento.

Avaliando e documentando a infra-estrutura de dados existentes: As organizações necessitam avaliar sua infra-estrutura de dados existente, a fim de que possam auxiliar a determinar os requerimentos de *upgrade* para uma solução de Telefonia IP. Provavelmente será necessário proverem-se de infra-estrutura de banda adicional, performance consistente ou alta disponibilidade, requerida em ambiente de convergência. Deve-se documentar e avaliar a infra-estrutura de dados, em termos de:

- a) novos requerimentos de performance de voz;
- b) requerimentos para vantagens disponíveis e desejadas;
- c) recursos de hardware e software necessários;
- d) capacidade ou impacto potencial da rede.

As informações requeridas para isto, incluem mapas de rede, informações de inventários de devices e informações gerais básicas da rede. Analisando estas áreas, será mais fácil se entender os requerimentos necessários para se suportar as facilidades de Telefonia IP e de rede básica que se pode dispor.

Para se avaliar os requerimentos de performance de voz, deve-se rever a relação ou o inventário dos devices, o design da rede e as informações da rede básica. *Links* e *devices* devem ter capacidade suficiente para o tráfego adicional de voz. Pode ser que seja necessário a ampliação dos *links* com maior pico de tempo de utilização. *Devices* alvos, com grande utilização de CPU, alta utilização do *backplane*, alta utilização de memória, mecanismo de filas e *bufferização*,

necessitam de inspeção ou uma potencial expansão. Características de utilização de pico da rede básica também serão valiosas em se determinar requisitos potenciais de qualidade de voz.

Para se avaliar os requerimentos de disponibilidade para uma rede de Telefonia IP, deve-se rever a topologia da rede, as capacidades de *hardware* e *software* e implementação de protocolos. Deve-se rever também a capacidade de redundância da rede para que se possa ter garantido as facilidades disponíveis através do *design* atual da rede ou de um novo *design*, recomendado para a Telefonia IP.

Quanto à avaliação da plataforma de *hardware* e *software*, deve-se levar em conta as características do *devices*, incluindo *chassis*, módulos e inventário de *software*. Isto será útil para se determinar as exigências para Telefonia IP no ambiente existente.

Deve-se também avaliar a capacidade e o impacto geral da rede, para que se possa garantir que a rede irá encontrar todos os requerimentos de capacidade e que como consequência não haverá impacto na rede e nos requerimentos das aplicações existentes. Deve ser analisado o impacto da rede básica em termos dos requerimentos provenientes da implantação da Telefonia IP. Talvez seja necessário a adição de mais CPU, memória, banda ou novos *hardwares* ou *softwares* para que se possa garantir requerimentos da Telefonia IP e da rede existente.

Requerimentos de LAN recomenda-se uma análise da LAN, para todos os seus ambientes , envolvendo todos os quatro modelos aplicáveis de Telefonia IP:

- a) site único;
- b) conectado a PSTN;
- c) multisite com Processamento Centralizado;

- d) multisite com Processamento Distribuído;

A análise da infra-estrutura da LAN, determina os requisitos de infra-estrutura e banda que irão afetar a qualidade e a disponibilidade da voz na Telefonia IP. Deve-se coletar os seguintes tipos de informações para a análise da infra-estrutura de uma LAN/Campus:

- a) topologia da LAN/Campus;
- b) plano de endereçamento IP;
- c) local do servidores de TFTP, DNS e DHCP, *firewalls*, *gateways* de Network Address Transation – NAT e Port Address Translation- PAT;
- d) locais potenciais para se instalar *gateways* e *clusters* de *Call Manager*;
- e) implementação de protocolos, incluindo roteamento IP, *Spanning Tree*, VTP, IPX e protocolos IBM, se for o caso;
- f) análise de devices, incluindo versão de softwares, módulos, portas, velocidade e interfaces;
- g) metodologia de conexão de telefones (direta ou *daisy chain*);
- h) registro mostrando plano de controle da rede instalada e seus recursos.

Ambiente de WAN recomenda-se uma análise da infra-estrutura de WAN para WAN Multisite com Processamento Distribuído ou IP WAN's com Processamento Centralizado. A análise da WAN determina os requisitos de infra-estrutura e banda que irão afetar as qualidades e a disponibilidade da Telefonia IP. Deve-se coletar as seguintes informações para a análise do ambiente WAN:

- a) topologia WAN;
- b) localização de *gateways* e servidores;
- c) protocolos WAN;
- d) requerimentos de QoS existentes;

- e) análise dos *devices*, incluindo versões de *software*, módulos, portas, velocidades e interfaces;
- f) base instalada WAN.

Avaliando e documentando a infra-estrutura de Telecom: É necessária a avaliação da infra-estrutura de Telecom. para ajudar a determinar os requerimentos de Telefonia IP. Esta análise deve ser executada para todos os sites que estão implementando a tecnologia de VoIP objetivando determinar o modelo apropriado a ser aplicado. A Telefonia IP, suporta os seguintes modelos:

- a) site único (independente);
- b) multisites Únicos Interconectados via PSTN;
- c) sites Distribuídos, com Telefonia IP e Processamento Centralizado de Chamadas;
- d) sites Distribuídos, com Telefonia IP e Processamento de Chamadas Distribuído.

A análise da infra-estrutura de Telecom. deve examinar o ambiente de Telecom., incluindo:

- a) sistemas de PBX e suas localizações;
- b) sistemas de *Voice-mail* e suas localizações;
- c) sistemas chave;
- d) interconectividade de PBX;
- e) requerimento de telefones;
- f) PSTN *trunking*;
- g) *voice-mail trunking*;
- h) *site-to-site trunking*.

A análise irá ajudar também nos critérios de design da Telefonia IP, para isto

devem ser analisados os seguintes requisitos:

- a) topologia de PBX existente, incluindo servidores de *voice mail*;
- b) sistemas de *voice mail*;
- c) *trunking de voz*;
- d) aparelhos telefônicos por site e seus recursos e funções especiais;
- e) plano de telefonia existente;
- f) requerimentos de fax;

Avaliando e documentando infra-estrutura de energia e cabeamento: Outro aspecto para a implantação com sucesso de Telefonia IP e de uma alta disponibilidade de solução de voz é a parte relacionada ao fornecimento de energia e infra-estrutura de cabeamento. Ambientes de voz tradicionais, tipicamente, tem um sistema bem planejado de fornecimento de energia e sistema de cabeamento com unidades de fornecimento de energia *backup* (UPS) e fones alimentados pelo PBX. Esta solução ajuda a criar uma maior disponibilidade na implementação de uma solução de voz.

Os requerimentos de infra-estrutura de cabeamento podem também causar problemas de disponibilidade em práticas de instalação pobres, sem gerenciamento de *patch-cord*, estrutura de instalação não hierarquizada e não padronizada. Para que se possa garantir os requisitos de disponibilidade, deve-se entender a infra-estrutura de *cabling* e planos de crescimento potenciais.

O primeiro passo está em examinar a infra-estrutura de cabeamento e fornecimento de energia para que se possa garantir que esta infra-estrutura é capaz de garantir os requerimentos da Telefonia IP.

5.3.1 Requerimentos para a disponibilização da Telefonia IP

- a) planejamento para organização da Rede WAN;
- b) plano de operação e implementação.

Deve-se projetar a rede de Telefonia IP, sua infra-estrutura juntamente com serviços suportados, com alvo nos requerimentos de disponibilidade. O planejamento de viabilidade e disponibilização é importante por diversas razões:

- a) pode-se usar a disponibilidade como parte de uma política de *Service Level Agreement* -SLA para voz e serviços de dados;
- b) pode-se usar um modelo de disponibilidade ou medição para determinar o melhor nível de disponibilização baseado no custo de *downtime*, análises potenciais e um simples cálculo de *return on investment* – ROI;
- c) pode-se usar a medição de disponibilidade em processo de melhoria de disponibilização de qualidade para aperfeiçoar o nível de serviço.

A CISCO caracteriza a disponibilidade pela combinação de seis fatores:

- a) disponibilidade de *hardware*;
- b) disponibilidade de *software*;
- c) disponibilidade de *link/carrier*;
- d) disponibilidade de ambiente de fornecimento de energia;
- e) confiabilidade de projeto de rede;
- f) erros de usuários e processos de suporte a rede.

Cada um desses requisitos pode impactar diferentes partes da rede em diferentes maneiras. É entretanto aconselhável a definição de requerimentos e modelos de disponibilidade para diferentes áreas da rede, como na LAN, WAN, data center ou *core* da rede. A CISCO tem classificações genéricas de disponibilização que correspondem aos requerimentos de negócio e custos de

downtime experimentados pelas organizações. Estas classificações genéricas são:

- a) rede confiável – metas de disponibilização estão aproximadamente em 99,5% do tempo (área de educação e governo);
- b) redes altamente disponíveis – metas de disponibilidade estão aproximadamente em 99,99% de todo o tempo (área de tecnologia, manufatura e serviços);
- c) redes que não param – metas de disponibilização são tipicamente de 99,999% ou mais de todo o tempo (área de finanças ou alguns ambientes médicos).

Diagramas em bloco de confiabilidade ajudam em um modelo de requerimentos de disponibilidade. Desde que cada fator de disponibilidade possa ocorrer independentemente, os fatores devem ser multiplicados juntamente para que se possa chegar a um resultado final. O resultado é que se uma área está ruim, toda disponibilidade é mais severamente afetada.

Planejamento para organização da rede: A organização de uma rede WAN com Telefonia IP, requer significativo planejamento. O processo como um todo deve abordar um planejamento de capacidade da WAN e análise da rede instalada, um planejamento de capacidade de voz, organização e validação do ambiente WAN. Em cada uma dessas áreas, um checklist descritivo de fatores importantes e críticos deve estar disponível.

Os seis maiores passos para a organização da WAN são:

- a) coletar informações no atual ambiente WAN;
- b) determinar os requerimentos de banda para atender a solução voz;
- c) analisar requerimentos de crescimento e expansão;
- d) realizar expansões e implementar *tuning*;

- e) resultados de acesso;
- f) rotinas operacionais e de produção.

Plano de operação e implementação: Em adição ao plano do projeto, a organização necessita de um plano de implementação e de processos de operação que irão garantir uma implementação mais suave. Isto pode ser realizado identificando o projeto da rede, a implementação e os processos operacionais que são requeridos para a ativação de soluções de sucesso disponibilizados. Também inclui processos como planejamento de capacidade, planejamento de gerência de rede, o *staff* envolvido e os planos de operação.

Desde que a Telefonia IP passou a representar a maior mudança tecnológica para muitas empresas, deve-se iniciar significantes planos de operação durante a fase de projeto da rede. Isto vai ajudar a garantir que se encontrem requerimentos operacionais para a solução e se o grupo de operação da organização tem os recursos e o nível de *expertise* necessários ao gerenciamento das soluções. Pode-se requerer os seguintes tipos de planos operacionais e de gerenciamento (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001A):

- a) plano de capacidade da solução de Telefonia IP;
- b) requerimentos de gerenciamento de soluções;
- c) requerimentos de *expertise* dos profissionais envolvidos;
- d) plano de suporte operacional.

5.4 Desenhando a Rede de Telefonia IP

Será apresentada uma visão geral de alguns modelos básicos de alto nível, que podem ser usados no processo de *design* de uma rede de Telefonia IP. Esta visão geral pode servir como guia no que diz respeito a quando e por que um *design*

em particular deve ser selecionado. A seqüência da apresentação se dá do modelo mais simples ao mais complexo. A tecnologia escolhida é a da Cisco, por compor toda a planta básica da rede em questão.(Cisco,Technical Solution Series, 2000/2001A).

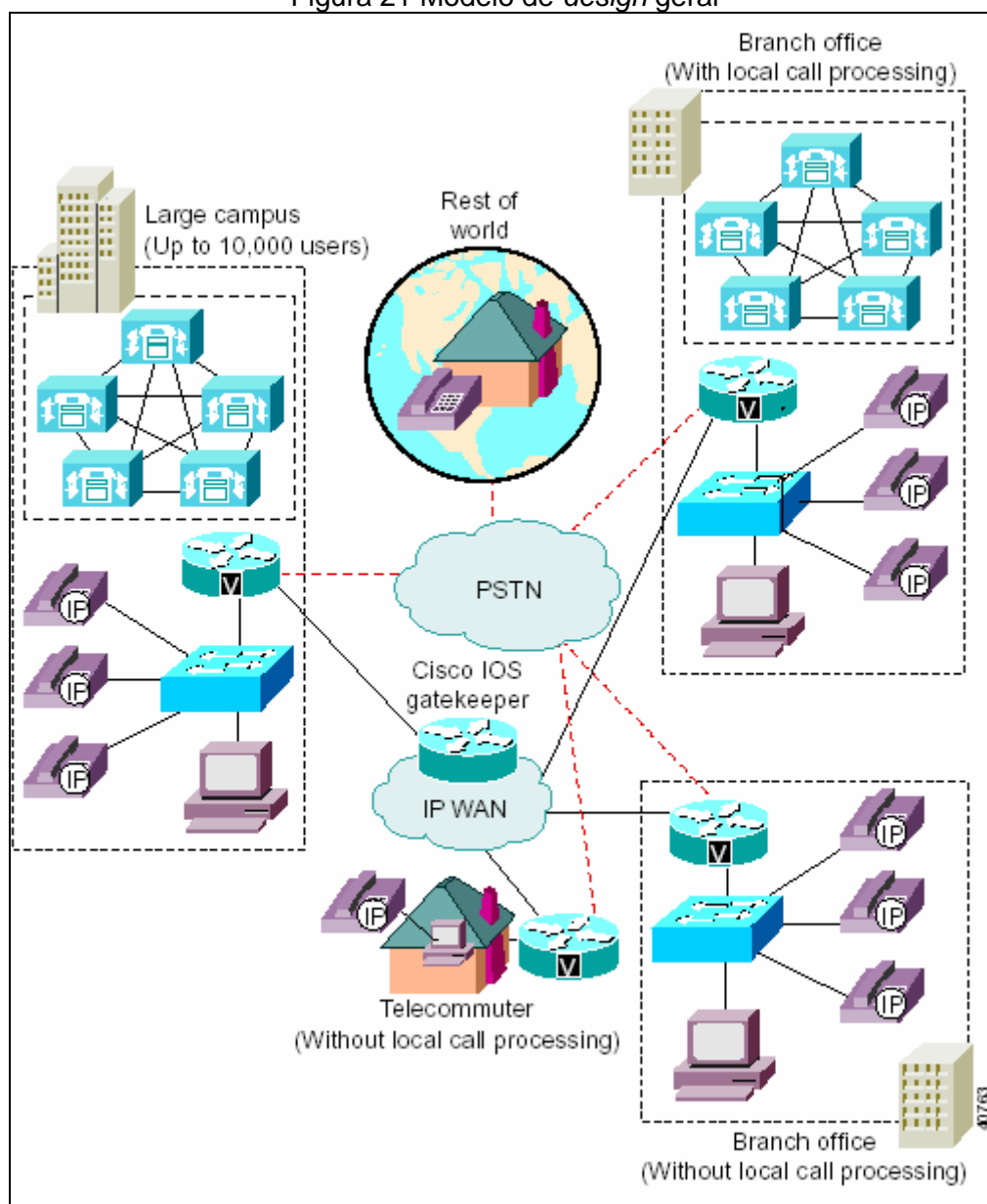
Os modelos apresentados são:

- a) modelo de *Design* Geral;
- b) modelo de *Site*-único;
- c) múltiplos *Sites* com Processamento de Chamadas Independente;
- d) multisite IP WAN com Processamento de Chamadas Distribuído;
- e) multisite IP WAN com Processamento de Chamadas Centralizado.

5.4.1 Modelo de Design Geral

De uma forma geral, os objetivos de uma rede de Telefonia IP são os seguintes:

- a) telefonia fim-a-fim;
- b) rede WAN IP como o caminho primário de voz e a *Public Switched Telephone Network* PSTN como o caminho de voz secundário entre *sites*;
- c) baixo custo de propriedade com grande flexibilidade;
- d) possibilidade de novas aplicações.

Figura 21 Modelo de *design* geral

Fonte Cisco, Technical Solution Series, (2000/2001)

Para redes de Telefonia IP, baseadas no Cisco *Call Manager* 3.0(5), apresenta-se quatro modelos gerais de *design* que se aplicam na maioria das implementações:

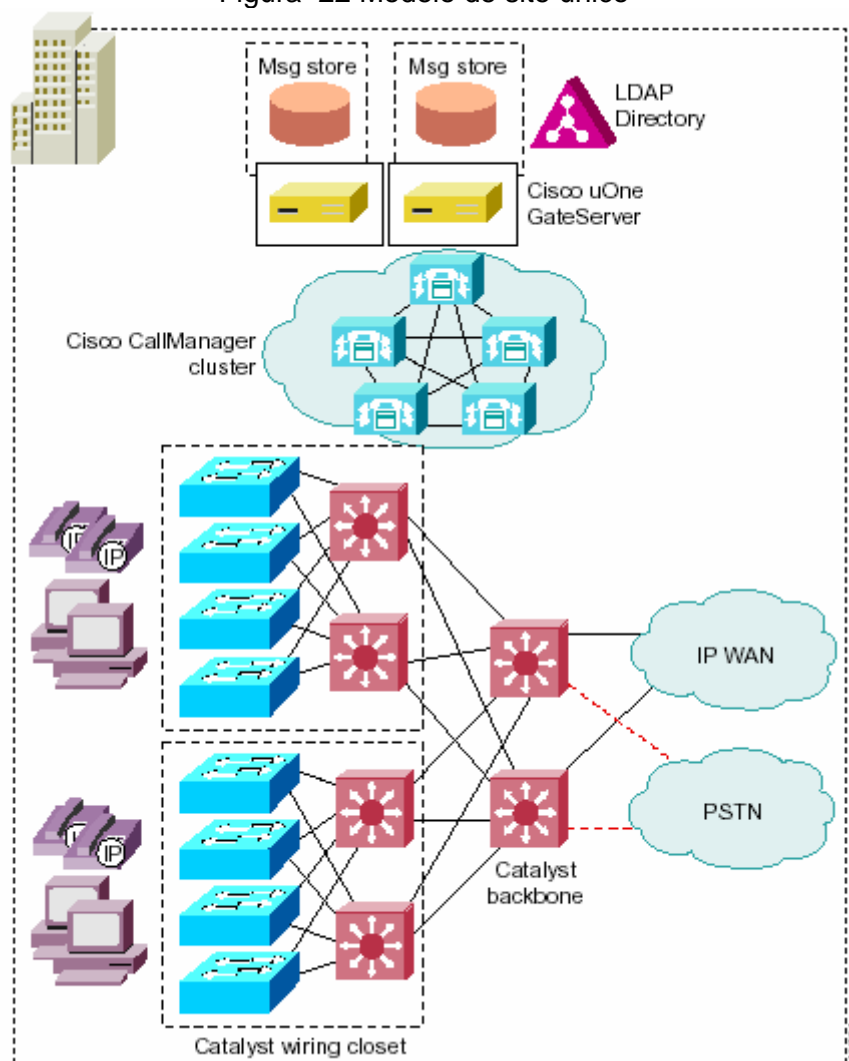
- a) modelo de *Site*-único;
- b) múltiplo *Site* com processamento independente de chamadas;
- c) multisite IP WAN com processamento de chamadas distribuído;
- d) multisite IP WAN com processamento de chamadas centralizado.

5.4.2 Modelo de *Site*-Único

O modelo de *site*-único tem as seguintes características:

- a) Cisco *Call Manager* único ou em *cluster*;
- b) máximo de 10.000 usuários por *cluster*;
- c) máximo de oito servidores na plataforma com *cluster Cisco Call Manager* (quatro servidores para processamento primário das chamadas, dois para backup das chamadas processadas um como divulgador de dados e um como servidor de TFTP);
- d) máximo de 2.500 usuários registrados simultaneamente no *Cisco Call Manager*;
- e) PSTN apenas para chamadas externas;
- f) recursos de processador de sinalização digital (DSP) para conferência;
- g) componentes de *Voice-mail* e *Unified Messaging*;
- h) codec G.711 para todas as chamadas de telefone IP (80 Kbps de banda IP por chamada não comprimida);
- i) para garantir qualidade de voz, recomenda-se *switches* de LAN Cisco com no mínimo 2 filas.

Figura 22 Modelo de site único



Fonte: Cisco, Technical Solution Series (2000/2001)

Múltiplos Sites com Processamento Independente de Chamadas

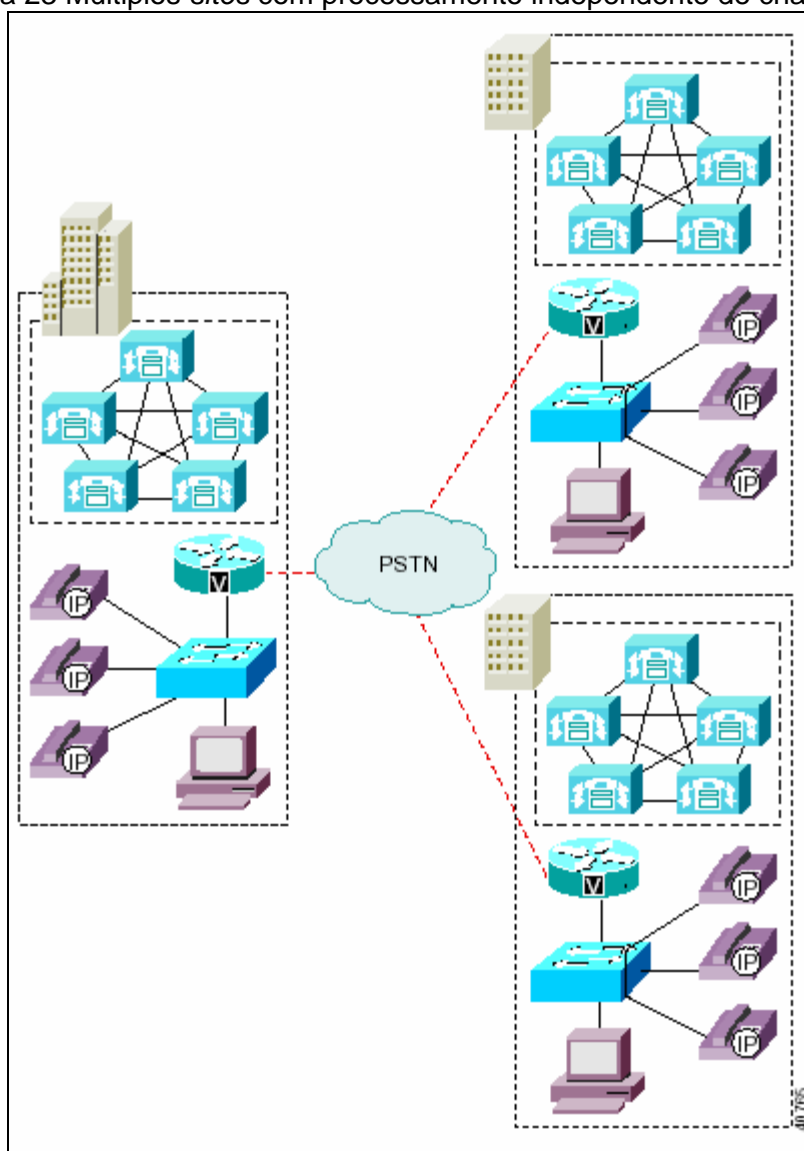
A Figura 23 ilustra o modelo para múltiplos *sites*, isolados por não estarem conectados por uma WAN IP. Neste tipo de modelo, cada site tem seu próprio *Cisco Call Manager* ou *Cisco Call Manager Cluster* para tratar o processamento de suas chamadas e possui as seguintes características:

Cisco Call Manager ou *Cisco Call Manager Cluster*, para cada *site*, provendo escalabilidade e controle de chamadas;

- a) máximo de 10.000 telefones IP por *cluster*;
- b) sem limite de número de *clusters*;

- c) uso da PSTN ligando os múltiplos *sites* e para todas chamadas externas;
- d) recursos de DSP para cada site;
- e) componente de *Voice Message* ou *Unified Messaging* para cada site;
- f) compressão de voz não é requerida.

Figura 23 Múltiplos *sites* com processamento independente de chamadas



Fonte: Cisco, Technical Solution Series (2000/2001)

5.4.4 Multisite IP WAN com Processamento de Chamadas Distribuído

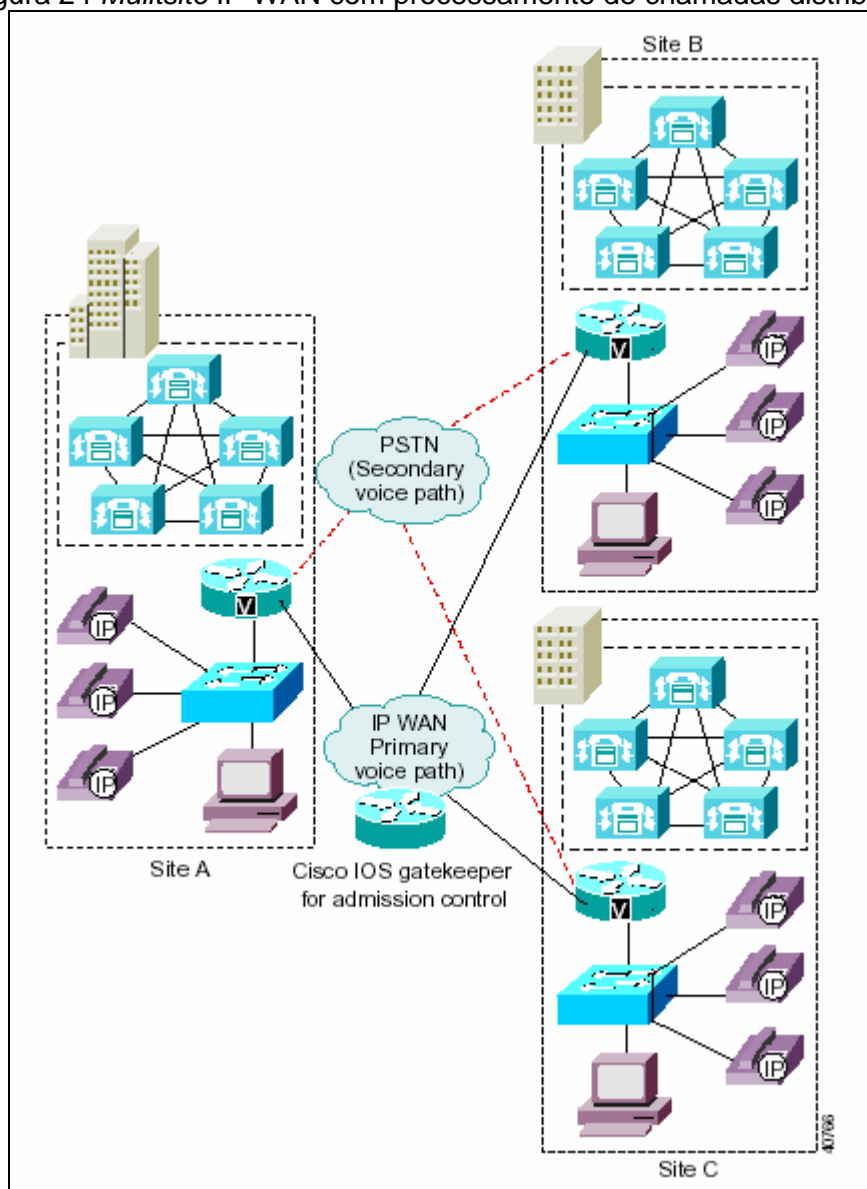
Seu design se apresenta com as seguintes características:

- a) *Cisco Call Manager* ou *Cisco Call Manager Cluster*, em cada localização

(10.000 usuários por site);

- b) *Cisco Call Manager Cluster* são confinados em sites únicos e não usam *span* na WAN;
- c) rede IP WAN como caminho primário de voz entre os sites, com a PSTN como caminho secundário de voz;
- d) uso transparente da PSTN se a rede IP WAN não estiver disponível;
- e) *Cisco IOS Gatekeeper* para resolução de endereços E.164;
- f) *Cisco IOS Gatekeeper* para controle de admissão na rede IP WAN;
- g) máximo de 100 sites interconectados através da rede IP WAN;
- h) suporte de *codec* WAN único;
- i) Recursos de DSP para conferência;
- j) componentes de *Voice-mail* e *Unified Messaging* em cada *site*;
- k) requerimento mínimo de tráfego de voz e dados de 56 kpbs. Para voz, vídeo interativo e dados, o requerimento mínimo é de 768 kpbs. Em cada caso, a banda alocada para voz, vídeo e dados não pode exceder 75% da capacidade total;
- l) sites remotos podem usar Cisco IOS, assim como os *gateways* devem ser baseados no *Skiny Gateway Protocol*.

Figura 24 *Multisite IP WAN com processamento de chamadas distribuído*



Fonte: Cisco, Technical Solution Series (2000/2001)

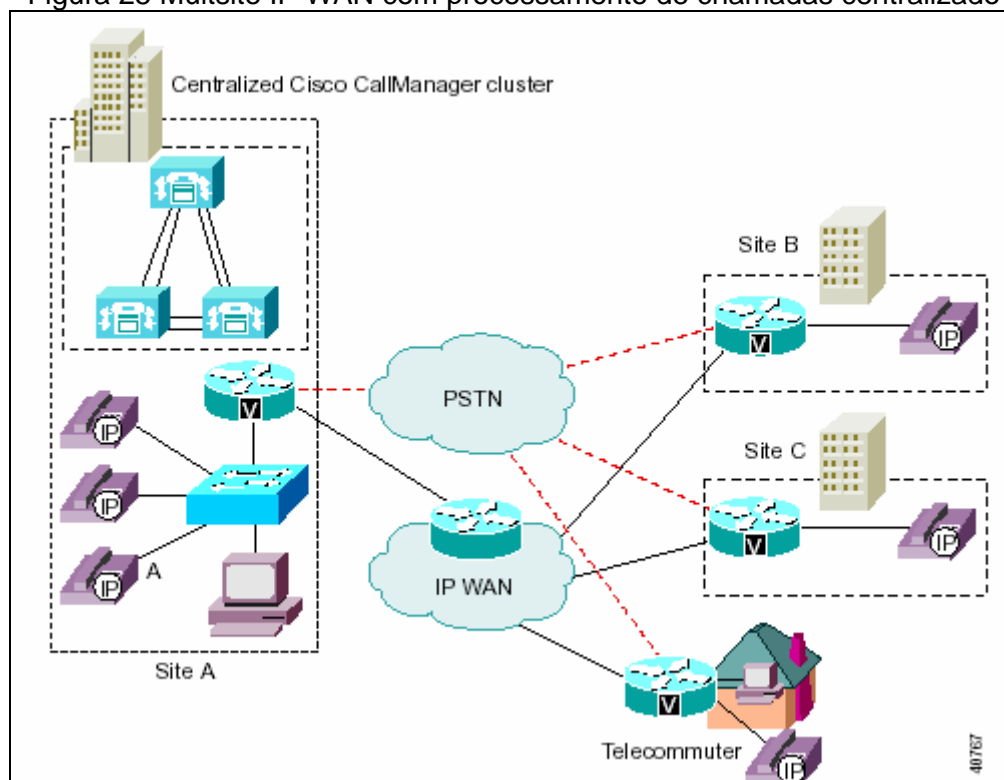
5.4.5 *Multisite IP WAN com Processamento de Chamadas Centralizado*

Suas características:

- a) *site* central suporta apenas um Cisco Call Manager. Um cluster pode ter um Cisco Call Manager secundário e terciário, assim como todos os telefones IP servidos pelo cluster, sendo registrados no mesmo Cisco Call Manager em qualquer hora. Este processo é chamado de "Centralized Call Processing Cluster";

- b) cada *Centralized Call Processing Cluster* suporta um máximo de 2500 usuários (sem limites para os *sites* remotos). Múltiplos “Centralized Call Processing Cluster” de 2.500 usuários num *site* central, podem ser interconectados usando H.323;
- c) telefones IP nos *sites* remotos não possuem um Cisco Call Manager local;
- d) chamadas de voz comprimidas através da IP WAN são suportadas;
- e) uso manual da PSTN está disponível, se a IP WAN está totalmente congestionada pelo tráfego de voz (código de acesso a PSTN, deve ser discado após o sinal de ocupado);
- f) componentes de *Voice-Mail*, *Unified Messaging* e recursos de DSP, estão disponíveis apenas no site central;
- g) requerimento mínimo de banda para tráfego de voz e dados de 56 kpbs. Para voz, vídeo interativo e dados, o mínimo requerido é de 768 kpbs. Em cada caso a banda alocada para a voz, vídeo e dados não deve exceder a 75% da capacidade total;
- h) sites remotos podem usar Cisco IOS, assim como os *gateways* devem ser baseados no *Skinny Station Protocol*;
- i) se houver utilização de Voice-mail, cada site deve possuir um único range para o plano interno de numeração. O plano de numeração interna não deve ser dividido entre sites remotos se o serviço de *Voice-Mail* é requerido (por exemplo, dois sites não podem dividir um plano de numeração que começa por 1XXX) (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001).

Figura 25 Multisite IP WAN com processamento de chamadas centralizado



Fonte: Cisco, Technical Solution Series (2000/2001)

5.5 Implementando a rede de Telefonia IP

A etapa de implementação da rede de Telefonia IP pode ser dividida em algumas sub-etapas a se considerar (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001A):

- preparando-se para a implementação;
- conduzindo o *Site-Survey*;
- determinando os requerimentos do *Site*;
- validando a leitura da implementação;
- implementando a solução;
- implementando a estratégia de migração;
- aceite e teste da solução implementada;
- documentação após implementação.

Cada implementação é única e depende do cliente em questão, contudo deve-se enfatizar que o preparo apropriado para cada implementação é crucial ao sucesso de toda a implementação da solução de Telefonia IP.

Quando se está preparando para uma implementação, informações gerais devem estar disponíveis e de acesso a todos os envolvidos no processo. Estas informações devem abordar todos os itens que farão parte do processo de implantação, desde contato com distribuidores, condições de recebimento dos equipamentos adquiridos, local de armazenamento, disponibilidade de infraestrutura para transporte dos equipamentos, até local de armazenamento e instalação definitiva, segurança, lista de pessoas envolvidas no processo de implementação, dados para contato com os envolvidos, gerência do projeto, disponibilidade de todo o grupo na data de início da implementação até o aceite da solução pelo cliente, etc.

Algumas considerações sobre a infra-estrutura devem ser consideradas em particular, tais como:

- a) todos os *sites* estão prontos para a instalação dos equipamentos, o cliente já finalizou a parte de energia, ar condicionado, instalação de circuitos, os times da instalação podem começar?
- b) todos os circuitos que serão conectados aos equipamentos foram totalmente instalados e ativados?

Durante a implementação, presume-se que um ou mais profissionais, certificados na tecnologia que será implementada, estejam presentes e que representantes do cliente os acompanhem todo o tempo.

A disponibilidade do *site* é crucial para uma rápida implantação, uma vez que deficiências lá encontradas podem atrapalhar a solução de implementação. Por isso

é importante o acesso de um profissional qualificado que possa realizar um *site-survey*. Uma vez que o survey for completado, o gerente do projeto pode decidir como implementar a solução. No processo de *site-survey* são coletadas informações como:

- a) grupo de *sites*;
- b) contatos de projeto;
- c) infra-estrutura das salas onde serão instalados telefones IP;
- d) informação de telefones existentes;
- e) faixa de endereçamento IP;
- f) documentações;
- g) equipamentos individuais;
- h) nível de suporte disponível;
- i) serviços e recursos que devem ser mantidos com a implantação da Telefonia IP;
- j) tipo de comunicação inter-site;
- k) organizações externas que fornecem serviços ao cliente;
- l) informações que possam clarear toda e qualquer etapa do processo.

Na etapa em que se determina os requerimentos do site, informações sobre infra-estrutura de rede, infra-estrutura de telefonia, telefones IP, energia e requerimentos do ambiente como um todo devem ser checadas. Deve-se ter especial atenção aos requerimentos de LAN, WAN, QoS e *Gateways*. Os recursos disponíveis e os adquiridos, devem garantir a implantação da solução de telefonia, de forma rápida, segura e eficiente.

Antes de se configurar a implementação, um técnico altamente especializado na tecnologia adotada, deve fazer uma revisão do projeto para confirmar e atestar

se o projeto, de maneira geral, atende a todas as necessidades do cliente. Exata revisão pode resultar em recomendações de novas implementações. Os itens que serão analisados são:

- a) análise da topologia da rede;
- b) análise na rede de voz;
- c) análise na rede de dados em relação aos requerimentos de LAN;
- d) análise na rede de dados em relação aos requerimentos de WAN;
- e) análise dos requerimentos de Telefonia IP;
- f) modelo da solução de implementação;
- g) equipamentos comprados pelo cliente.

Após as etapas acima referenciadas, parte-se para a etapa da solução de implementação que envolve o carregamento dos softwares e a energização de todos os equipamentos em um local ainda não conectado a rede do cliente. Todos os dispositivos devem ser ligados, totalmente configurados, testados e então liberados. O cliente deve ter sua equipe técnica participando, de preferência, em todos os estágios para que possam, gradativamente, se familiarizar com a solução de Telefonia IP. O resultado é uma instalação rápida, consistente e sem emendas.

Quando se inicia a fase de migração para a solução de Telefonia IP projetada, deve-se de preferência, dividi-la em sub-etapas, de modo a poder resguardar o sistema do cliente, para o caso de alguma eventualidade na execução das *procedures* definidas para implementação da solução. Deve-se ter sempre resguardada o máximo possível, as informações anteriores à execução de cada sub-etapa, de forma a poder retornar, caso necessário, e não perder o controle da situação, podendo assim atuar e modificar, algum procedimento que já havia sido definido anteriormente.

Após a implementação com sucesso dos estágios anteriores, chega-se ao aceite e teste da solução implementada. Neste estágio devem ser realizados testes, segundo alguns critérios, definidos por cada fabricante. Pode-se citar o caso da Cisco, que possui um processo denominado *Solution Implementation Acceptance – SAI*, onde estão definidos os testes e os critérios para a realização do aceite. A realização de todo o processo SAI é de responsabilidade de um profissional certificado e sua duração é de cerca sete dias.

Passada a fase de testes, a implementação da Telefonia IP está completa, o grupo envolvido nos projetos deve catalogar todos os equipamentos para um controle de propriedade eficiente dos mesmos. Aqui deve-se concluir toda a documentação da solução, dando como finalizada a implementação e entregá-la ao cliente para que então a mesma passe a ser operacional (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001 A).

5.6 Operando a rede de Telefonia IP

5.6.1 Suporte Operacional e Planejamento

As redes de Telecom, redes de dados e servidores normalmente são gerenciados de maneira independente. Os administradores podem diferenciar assuntos diversos de maneira muito simples. Os processos operacionais como controle de performance, capacidade, provisionamento, gerenciamento de falha e estoque são tipicamente gerenciados por grupos separados e sem muita interação. Cada grupo pode ter seu próprio plano de suporte independente, com suas metas particulares ou requerimentos de serviço em conjunção com requerimentos existentes (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001).

A Telefonia IP, no entanto, requer um modelo de suporte:

- a) grupos ou indivíduos que historicamente não se interagem, agora deverão trabalhar de forma mais próxima;
- b) novos processos de suporte que reúnem requerimentos de Telefonia IP, muito provavelmente serão necessários;
- c) novas funções e responsabilidade para garantir os diversos níveis de suporte para todas as áreas da solução, também serão requeridos;
- d) requerimentos de serviço para melhorar a disponibilidade do tráfego de voz devem ser aprimorados.

Para alcançar uma solução consistente e todo tempo confiável, recomenda-se que sejam revistos os requerimentos de suporte operacional. Estes requerimentos podem incluir mudanças em funções e responsabilidade, adição de novos processos, modificação de processos, mudança na definição dos serviços. Esta revisão deve ser executada quando da definição das restrições da solução de telefonia, determinando assim, as funções e responsabilidades, e então definindo e aprovando os elementos de serviço.

5.6.2 Definindo Elementos de Serviços

Os requerimentos de elementos de serviço da Telefonia IP podem se encaixar em elementos de serviço já existentes na organização. Em outros casos, a organização pode definir novos elementos de serviço em combinação com a solução de Telefonia IP. Entretanto, todas as definições de serviço devem ser revistas, para que possam garantir que as atribuições estejam devidamente definidas em relação aos diferentes aspectos da Telefonia IP e que o nível de serviço definido encontra os requerimentos da Telefonia IP e dos negócios envolvidos.

Os elementos de serviço devem ser agrupados em duas diferentes

categorias: elementos de serviço reativos e elementos de serviço pró-ativos. Os elementos de serviço reativos definem os processos requeridos para reportar e reparar problemas de Telefonia IP. Os elementos de serviço pró-ativos também são necessários no auxílio de uma performance consistente, da qualidade da voz, do fornecimento e mudanças com sucesso e segurança. Os elementos de serviço definidos para a Telefonia IP são (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001):

Elementos de serviço reativos:

- a) expectativa de reparo de serviço e prioridade de problemas;
- b) *report* de problemas e escala de prioridades;
- c) monitoração de falhas;
- d) *backup* de arquivos e recuperação;
- e) substituição de hardware/assistência on *site*;
- f) escala de prioridades e requerimentos;
- g) processos de recuperação de desastre;
- h) métricas e relatórios.

Elementos de serviço pró-ativos:

- a) mudança de gerenciamento;
- b) mAC (mover, adicionar, mudar) os processos;
- c) número telefônico e gerenciamento de plano de numeração;
- d) gerenciamento IP/DHCP;
- e) processos pró-ativos de gerenciamento da rede.

5.6.3 Documentando e aprovando o Plano de Suporte Operacional

O último passo do processo de planejamento do suporte operacional será a documentação de um plano de suporte operacional. Este plano deve incluir todas as

responsabilidades de suporte, partes envolvidas, requerimento de relatórios, níveis de serviço esperados e níveis de serviços consentidos. Pode-se esperar que nos primeiros seis meses de operação do piloto da Telefonia IP, algumas correções deverão ser feitas. Alguns fabricantes recomendam reuniões semanais nos períodos iniciais de implantação, para revisões e acréscimos.

Níveis de serviços consentidos também podem ser incluídos no plano de suporte operacional. Os níveis de serviço consentidos para a Telefonia IP incluem a disponibilidade da voz, qualidade da voz, performance da rede, tempo de reparo da rede e expectativa de nível de serviço MAC (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001).

5.6.4 Gerenciamento da Rede

O modelo mais comum e utilizado que descreve o gerenciamento de uma rede é o modelo de gerenciamento de rede ISO. O modelo esboça cinco áreas que envolvem vários aspectos de gerenciamento de uma infra-estrutura de rede. Estas áreas funcionais incluem falha, configuração, contabilização, performance e segurança, o que são referenciadas como "FCAPS da indústria". O modelo e suas áreas funcionais permitem que escopo e objetivos bem definidos, sejam definidos na avaliação e implementação de uma solução de gerenciamento. Os usuários envolvidos no processo de implementação de gerenciamento do sistema podem focar em uma área funcional e na combinação das mesmas. Pode-se citar as cinco áreas funcionais de gerenciamento:

- a) gerenciamento de falha;
- b) gerenciamento de configuração;
- c) gerenciamento de *performance*;

- d) gerenciamento de segurança;
- e) gerenciamento de “*accounting*”.

5.6.5 Proteção das redes de Telefonia IP

É importante ter-se em mente, que garantir a segurança de uma rede é um processo contínuo que requer o acompanhamento das vulnerabilidades que podem existir em componentes da infra-estrutura de rede, sistemas de operação de servidores e aplicações instaladas por toda a rede da empresa. Com o advento da Telefonia IP, que usa os dispositivos de uma rede de dados IP para comunicação de voz, acaba tendo os componentes de processamento das chamadas e as aplicações de telefonia comprometidos por ataques maliciosos.

O primeiro passo para qualquer implementação de segurança é estabelecimento de uma política de segurança. Algumas práticas são esboçadas e a implementação das mesmas é dependente da organização desta política:

- a) estabelecendo segurança física – criar uma fronteira física para equipamentos críticos de comunicação é uma fundamentação na construção de redes seguras. O projeto de rede e a configuração de *softwares* não podem proteger uma rede cuja propriedade não seja protegida de ameaças maliciosas;
- b) protegendo os elementos da rede – roteadores, *switches ethernet* e *gateways* VoIP definem fronteiras de rede e agem como um *gateway* de interfaces para toda a rede. A segurança destas partes vitais da rede de dados e voz é uma exigência para a segurança de dados, voz e aplicações de vídeo rodando através da infra-estrutura;
- c) desenhando a rede IP – o entendimento e a perfeita interpretação dos

princípios do projeto da rede IP também são importantes para o aumento da segurança de todos os *devices* interconectados;

- d) protegendo o processador de voz – proteger a atual plataforma de processamento de voz e as aplicações instaladas é o último e talvez o mais vital passo na segurança da rede de Telefonia IP;
- e) investigando erros na rede de Telefonia IP – para que se possa operar uma rede de Telefonia IP é fundamental que se possua ferramentas de gerenciamento e recursos para a avaliação de problemas dos mais sofisticados possíveis. Normalmente este item acaba ficando de lado ou como última opção em projetos de pequeno porte. Contudo deve-se ter em mente que estes recursos não devem ser esquecidos e devem fazer parte do processo de avaliação das opções de solução disponibilizada para a Telefonia IP pelos fabricantes. Como são produtos que normalmente possuem um preço específico, sua avaliação é de tal importância que pode chegar a inviabilizar a escolha de uma solução (CISCO, Technical Solution Series, 2000/2001).

CAPÍTULO 6 SOLUÇÕES DE MERCADO

6.1 Visão Geral do Mercado e Fornecedores de Solução

Como acontece com as tecnologias novas, ainda com muitos desafios, os analistas das indústrias estão acompanhando de perto e fazendo previsões de quão rápida esta a tecnologia de Telefonia IP se implantará totalmente no mercado corporativo. É claro que a tendência atual da aplicação desta solução é dependente de vários fatores que são os maiores desafios para os fabricantes. Contudo, com a redução de custos que a solução oferece, com o aprimoramento da produtividade da informação proporcionada ao *staff* de sistemas, e com a força absoluta das corporações envolvidas por esta tecnologia, não existe dúvida que a Telefonia IP, será muito em breve o padrão de fato em tecnologia de telecomunicações. Para os fabricantes da tecnologia, existem ainda vários desafios a serem sanados, desafios estes que não são apenas da área de tecnologia, mas também da área de mercado, atingido pelas pessoas de decisão das empresas, onde os investimentos são discutidos e aprovados.

Entre os desafios tecnológicos que pesam mais nas decisões do grupo técnico por uma solução, estão na garantia da qualidade de serviço, na escalabilidade, na necessidade e na possibilidade de aquisição de novas tecnologias para o gerenciamento da solução. Já para a área de mercado, pode-se citar os investimentos significantes e existentes nas redes de telefonia por comutação de circuitos, aplicações que podem ser implantadas sobre a própria rede por comutação de circuito e os altos custos da solução de telefonia sobre uma rede de pacotes em relação apenas a solução de dados (CAPTARIS, 2003).

Quanto aos fabricantes da solução de Telefonia IP, lideram o mercado de sistemas de Telefonia médios e grandes, as Empresas Cisco System Inc. e a Santa Clara, Calif.-based 3Com Corp, onde a arquitetura Cisco AVVID oferece uma solução modular, com *gateways* conectados aos roteadores, *CallManager* e o *software Unit Voice Mail* executando em servidores Windows separados. Já a 3Com com seu sistema NBX , faz um pacote de toda solução, com a solução de *Voice-mail*, gerenciamento de chamadas e interfaces de gateway, em um *chassis* único, rodando o VxWorks, um sistema de operação em tempo real, baseado na plataforma Unix.

Segundo opinião de analistas, ambos os sistemas trabalham ótimamente em plataformas construídas sob a tecnologia de seus fabricantes, tais como roteadores e *switches*. Entretanto, alguns usuários tem reportado dificuldades em fazer com que conexões analógicas trabalhem apropriadamente e citam ainda, a carência de experiência por parte dos fabricantes e seus parceiros, em lidar com este tipo de problema. Outra reclamação esta no atraso com que ambos os fabricantes tem em disponibilizar recursos de processamento de chamadas com os PBX (Private Branch Exchange) tradicionais. Alguns analistas chegam a citar que a Cisco não esta nem perto do que a Nortel ou a Avaya podem oferecer. Segundo eles, a maioria de seus clientes, não estão usando estes recursos de maneira alguma, e acrescentam: “Liste todos os recursos que você precisa, as solicitações por assunto e faça ter certeza de que o produto pode suportá-los sem customização”(MITCHELL ,2002 A).

Dos líderes na solução de voz, pode-se também citar a Nortel Networks Ltd., Avaya Inc. e Siemens Enterprise Network USA. Todas as três, oferecem sistemas híbridos, e alguns fabricantes adotaram como solução para suas próprias empresas.

É o caso da Avaya que anunciou ter migrado todos os recursos de seu sistema Definity PBX's para o sistema de Telefonia IP ECLIPS, também comercializado por eles, afirmando que o sistema ECLIPS pode interoperar com o sistema legado Definity normalmente (MITCHELL,2002A).

Outra questão polemica esta em que arquitetura adotar, a do IETF ou do ITU? Na tecnologia que utiliza o padrão do IETF para estabelecimento de conexões, o SIP ou a Recomendação do ITUT, o H.323? Alguns observadores das industrias vislumbram que o protocolo SIP será o substituto do H.323(HOCHMUTH,2003) , que é extremamente usado em telefones IP e IP PBX's, nas soluções adotadas nas corporações. Outra influência de peso já para a arquitetura do ITU é que o Cisco CallManager, que faz parte da solução de Telefonia IP da Cisco AVVID, não possui o protocolo SIP nativo. Divulga-se que o protocolo SIP esta nos planos estratégicos dos fabricantes para 2003, cita-se como exemplo a Alcatel, Polycom, Avaya .

Uma novidade neste mercado para o próximo ano é a fusão da tecnologia Wireless com a Telefonia IP. A Cisco, lider na tecnologia wireless e VoIP, divulgou que este casamento é lógico e inevitável, uma vez que o desenvolvimento da tecnologia de Telefonia IP esta acontecendo em paralelo com a de wireless LAN sendo que o conceito de mobilidade passará também a ser um requisito importante na decisão por uma solução(HOCHMUTH,2003).

De qualquer modo, uma enorme gama de opiniões através de artigos, discussões, foruns, entrevistas, declarações, etc., é disponibilizada e as vezes contraditórias. Qual o melhor produto, qual é o mais eficiente, qual trará melhor ROI para a corporação, qual disponibilizará os recursos de que se precisa, qual fabricante dará o melhor suporte, qual fornece o software de gerenciamento mais

adequado? Todas estas questões existem e são respondidas de forma eficiente por todos os fabricantes. Contudo, independentemente de que solução se adotar, é fato que em 2003, pode-se esperar uma expansão pesada nas plataformas de servidores e suporte a protocolos.

Segundo pesquisas do Synergy Research Group, a venda de equipamentos em 2002 atingiu \$1.4 bilhões de dolares e que o mercado espera atingir \$5.2 bilhões de dolares em 2006 (HOCHMUTH,2003).

De acordo com pesquisas divulgadas pelo Gartner Dataquest em Outubro de 2002, onde cita-se que 20% das companhias dos Estados Unidos e Canada usam Telefonia IP, complementa prevendo que o mercado para os próximos 18 meses é de que 50% planejam implantar a solução.

Um outro mercado do qual as empresas não poderão fugir, e que não só envolve a solução de Telefonia IP, mas a de networking como um todo, é o dos fabricantes de tecnologia para gerenciamento de redes e de suas aplicações implantadas. Os fornecedores para o mercado de gerenciamento de redes nos Estados Unidos esperam crescer dos \$7.9 bilhões em 2000 para \$31.4 bilhões em 2006 (CISCO, About, 2003).

De qualquer modo, independente de qual solução se tomará, todas as pesquisas apontam para um crescimento acentuado da adoção da solução de voz nas empresas e Call Centers. Todas as estatísticas mostram que o mercado é promissor e que espera-se bilhões de dolares em investimento. Um resumo destas estatísticas pode ser encontrado no site CommWeb.com (COMMWEB.COM, 2002)

Todos os fabricantes defendem suas soluções como as melhores, contudo o mercado não esconde que hoje, a solução mais sólida para a Telefonia IP, que é abrangida pela solução de convergência de voz, video e dados, é a solução Cisco

AVVID. Os mais diversos artigos que divulgam novidades e a situação da solução no mercado, não deixam dúvida de que os fabricantes da solução de Telefonia IP, tomam como base o padrão de qualidade Cisco. Além de que a tecnologia Cisco por si só, não tem deixado dúvidas de sua liderança no mercado.

Sendo a rede estudada construída sobre tecnologia Cisco, e já tendo implantada uma solução de VoIP através de gateways de voz Cisco, tendo suporte direto de parceiro Cisco, com profissionais certificados, decidiu-se apenas pela descrição da solução Cisco AVVID pois apresenta-se até o momento como solução mais adequada para o projeto que deseja-se implantar. A descrição da rede estudada e apresenta no próximo capítulo deste trabalho.

6.2 A arquitetura Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data)

A solução de Telefonia IP da Cisco, disponibiliza uma alta qualidade de voz e aplicações de comunicação integradas sobre uma arquitetura de rede aberta e padronizada, permitindo redução de custos significativos através de diminuição da dependência da tecnologia do PBX tradicional e de serviços da rede PSTN.

6.2.1 Possibilitando E-Business

A tecnologia Cisco AVVID proporciona às empresas a expandirem o valor de suas redes, disponibilizando uma ótima qualidade de serviço QoS, segurança e disponibilidade da rede, proporcionando também uma sólida base para uma rápida implantação de aplicações e serviços integrados (CISCO,Artigo 2002).

6.2.2 Infra-estrutura de Rede

O mundo dos negócios operando em grandes redes de empresas estão cada

vez mais procurando obter uma infra-estrutura de rede para servir como uma ampla fundação sólida para tecnologias emergentes tal como a Telefonia IP, entrega de conteúdos e armazenamento IP. A infra-estrutura de rede AVVID proporciona um *road map* documentado para planejar, construir e expandir redes de empresas com considerações para a qualidade de serviços -QoS, alta disponibilidade e segurança. A infra-estrutura de rede Cisco AVVID se foca em excelentes princípios de projeto, interoperabilidade entre diferentes componentes de rede e o uso de recursos e protocolos necessários para construir uma rede onde convergem vídeo, voz e dados. Através dos guias *Solution Reference Network Design - SRND*, que provêm das melhores práticas de projetos e implementação. A infra-estrutura de rede Cisco AVVID capacita as empresas a projetar redes que facilitam uma rápida e efetiva implantação de tecnologias emergentes, a encontrarem demandas de negócio corrente e futuros, acelerando ciclos de novas implantações através das empresas.

6.2.3 Telefonia IP

Construída sobre a infra-estrutura de rede Cisco AVVID, a solução de Telefonia IP Cisco AVVID, provê voz de alta qualidade e total integração das comunicações. É projetada, testada e dinamizada de forma a garantir a funcionalidade e completa interoperabilidade.

Estas soluções estão disponíveis através dos guias SRND, que proporcionam soluções verificadas que podem ser customizadas e atingir as necessidades de cada empresa e cliente. A Cisco também oferece os melhores profissionais, equipamentos e softwares para criar um caminho direto, conectado com o futuro.

Através da Telefonia IP, uma empresa com *sites* simples ou *multisites*, pode usar a tecnologia IP como caminho primário principal de voz, com a PSTN – Public

Switched Telephone Network - PSTN, servindo como um caminho de *backup*. Com o sistema fácil de implementar e padronizado, uma alta qualidade de voz fornecida, possibilitando a diminuição da dependência da PSTN, significando redução de custos.

A Telefonia IP faz mais do que reduzir custos, ela também proporciona a visão da tecnologia Cisco AVVID, combinando ferramentas de comunicação com um sistema simples e também com seções simples. Os usuários de Telefonia IP têm simultaneamente acesso a páginas WEB, aplicações, documentos, vídeos e outras ferramentas quando participando de uma conversação. Em vez de uma simples ferramenta de comunicação, a Telefonia IP oferece uma completa solução de telecomunicação.

Desenhada para a escalabilidade, as empresas podem escolher entre o seguintes modelos de Telefonia IP:

- a) processamento de chamadas através de um site simples;
- b) multisite IP WAN com Processamento de Chamadas Centralizado;
- c) multisite IP WAN com Processamento de Chamada Distribuído;
- d) simples Cluster de Cisco Call Manager Disponível para Vários Sites através de uma IP WAN.

6.2.4 Benefícios da solução

A solução de Telefonia IP Cisco AVVID oferece benefícios estratégicos para as empresas, incluindo:

- a) orientação de especialistas – como líder mundial em tecnologia de internet, a Cisco oferece liderança na indústria de tecnologia, *expertise* em projetos, orientação e suporte;

- b) fácil implementação, a Cisco e seus parceiros especializados em Telefonia IP, provêm um completo serviço, garantindo que cada sistema de Telefonia IP atinja os mais altos padrões Cisco;
- c) interoperabilidade verificada – as soluções de telefonia AVVID da Cisco, são baseadas em projetos verificados e testados que garantem a melhor integração dos equipamentos e aplicações. A Cisco ou seus parceiros especializados em Telefonia IP podem também customizar estas soluções para atender demanda de negócios e suas restrições, resultado de equipamentos e aplicações existentes;
- d) caminho para crescimento e melhorias – projetos padrões garantem que cada solução de Telefonia IP possa prover escalabilidade para encontrar necessidades futuras e caminhos fáceis para crescimento, incluindo tecnologias emergentes e mais adiante funcionalidades;
- e) redução de custos operacionais – o serviço de voz completo permite às empresas usarem a plataforma IP em vez da PSTN para tratar chamadas intra-escritório e pelos escritórios espalhados pelo mundo;
- f) aumento de oportunidades e produtividade – a otimização de ferramentas de trabalho permite aos usuários se logarem na rede e obter acesso instantâneo a calendários, emails e informações de correio de voz. Capacidades de extensão móveis permitem aos chamadores se logarem em suas extensões remotamente para estabelecer e receber chamadas;
- g) redução de custos de viagem e aumento do time de trabalho – quando combinado com outras soluções Cisco AVVID, a Telefonia IP permite que chamadas de voz em conjunto com documentos e aplicações sejam divididas por conferências de empregados, interação de serviços de

clientes e reuniões de negócios virtuais;

- h) aumento na segurança e controle – a configuração e o gerenciamento centralizado da rede de Telefonia IP prove maior segurança e controle sobre o que está conectado à rede.

6.2.5 Visão geral da tecnologia

A solução de Telefonia IP Cisco AVVID, proporciona um nível de funcionalidade acima da infra-estrutura de rede Cisco AVVID. Soluções de Telefonia IP padronizadas são projetadas e testadas. São feitas verificações da capacidade dos hardwares e softwares e das ferramentas, que permitem a uma empresa migrar de um PBX (Private Branch Exchange) e rede de voz para uma rede IP distribuída e padronizada.

O alicerce da arquitetura da solução de Telefonia IP consiste de quatro componentes primários:

- a) infra-estrutura de rede Cisco AVVID – a infra-estrutura inclui PSTN *gateways*, suporte para telefone analógico e processadores de sinalização digital (DSPs). A infra-estrutura pode suportar múltiplos tipos de clientes como aparelhos telefônicos, software phones e devices de vídeo. A infra-estrutura inclui também as interfaces e os recursos necessários para integrar PBX herdados, voice-mail, sistemas de diretório, etc.. Produtos típicos usados para construir a infra-estrutura incluem *gateways* de voz Cisco (não roteáveis, roteáveis e integrados), switches Cisco Catalyst e roteadores Cisco;
- b) pontos finais de comunicação – um ponto final de comunicação é um instrumento de um usuários como um fone ou um softphone que roda em

um PC. No ambiente IP, cada telefone tem uma conexão Ethernet. Os telefones IP têm todas as funções que se espera de um telefone assim como recursos mais complexos como a habilidade de acessar websites. Instrumentos típicos incluem telefones IP Ciscos e softfones;

- c) agentes de processamento de chamada – todo core do sistema de Telefonia IP é o Cisco Call Manager, o agente de processamento de chamada. O software Cisco Call Manager estende os recursos e a capacidade da telefonia de uma empresa, a um device de telefonia baseado em pacote como telefones IP, os devices processadores de mídia, os *gateways* de *voz-over-* (VoIP) e aplicações multimídias. Serviços adicionais de dados, voz e vídeo como o de mensagem unificada, conferência multimídia, centros de contato colaborativos e sistemas iterativos de resposta multimídia, interagem coma a solução de Telefonia IP através das aplicações abertas de telefonia (APIs – Application Programming Interfaces) do Call Manager;
- d) aplicações – como definido pela Arquitetura Cisco AVVID, as aplicações são fisicamente independentes do processamento de chamadas e a infraestrutura de processamento de voz pode residir em qualquer lugar dentro da rede. As aplicações melhoram a capacidade fim-a-fim da solução de Telefonia IP, adicionando recursos sofisticados de telefonia e convergência como os abaixo citados:
- Cisco IP Softphone;
 - mobilidade estendida;
 - conferência de voz multi-parte;
 - mensagens unificadas;

- serviços web para telefones IP da Cisco;
- assistente Pessoal Cisco;
- plataforma CRS – Cisco Customer Personal Solution;
- IP ICD – Cisco IP Integrated Contact Distribution;
- IP IVR – Cisco IP Interactive Voice Response.

Em adição, a solução de Telefonia IP Cisco AVVID IP, inclui-se recursos de funções para prover qualidade de serviço, segurança de sistemas e gerenciamento de rede.

Serviços e suporte – a tecnologia e os equipamentos fazem parte de um aspecto apenas da solução de Telefonia IP Cisco AVVID, fim-a-fim. Para uma implantação mais fácil, a Cisco e seus parceiros oferecem serviços de projeto e implementação, baseados em projetos e materiais testados e verificados. Através da Cisco e de seus parceiros, é possível configurar e otimizar cada solução Cisco AVVID, proporcionando uma completa gama de serviços. Disponibilizada diretamente da Cisco, ou através de seus parceiros, a solução de Telefonia IP proporciona um suporte estratégico e consultivo nas áreas de planejamento, projeto, implementação, operação e otimização. (CISCO, Artigo, 2002).

CAPÍTULO 7 O AMBIENTE DE REDE ESTUDADO

O ambiente de rede, escopo deste trabalho, compreende uma rede totalmente privada, sendo todo baseado e construído dentro dos requisitos da tecnologia Cisco. Seu gerenciamento é centralizado e esta sob a responsabilidade de uma empresa terceirizada que além de gerenciar e supervisionar toda infraestrutura de rede, presta serviço de hosting de praticamente todo sistema de dados da Empresa em questão,

O estudo da rede, tem como data início para fins de documentação neste trabalho, o início do ano de 2002 e alterações ocorridas no decorrer deste período, assim como projetos de troca de tecnologia de conectividade, implantação total de facilidades de voz através de upgrade das centrais PBX em paralelo à solução de VoIP, atualmente em produção e futura implantação da solução Cisco AVVID de Telefonia IP, como estratégia num futuro muito próximo para a solução completa de voz.

7.1 Topologia Geral

A topologia WAN de rede considerada esta distribuídos pelas 15 unidades da Empresa, localizadas nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Distrito Federal, pela sua Sede em Cafelândia – PR e pela plataforma de supervisão, gerenciamento e hosting dos dados, em Cascavel - PR.

Devido a distribuição geográfica das unidades, aliado ao não fornecimento de meios de comunicação pelas operadoras ou ao seu alto custo, optou-se por construir uma solução inicial de conectividade, por meio de radios, operando nas frequências de 900MHz, 2,4GHz e 5,7 GHz, entre as unidades localizadas na região oeste do

Paraná, que tivessem um “survey” adequado a implantação da solução. Estes links tomam como ponto central a sede em Cafelandia mas também ligam as unidades entre si, quando possível, disponibilizando um esquema de redundância de conectividade WAN. Já nas unidades fora do estado, tomou-se como opção contratar links das operadoras locais através de links privados sendo que a conectividade entre a sede da Empresa e a prestadora de serviços em Cascavel esta atendida também por uma operadora local através de 3 links de 2 Mbps, sendo 2Mbps para dados, 2 Mbps para tráfego de voz e 2Mbps com o objetivo de disponibilizar redundância da conectividade. A estrutura de rede foi montada visando a otimização do tráfego de dados, entre todas as unidades. Existem dois pontos concentradores principais da rede, um localizado em Cafelândia e outro localizado em Cascavel. Além destes dois pontos, existem outros dois pontos concentradores secundários, um localizado em JotaEsse e outro em Formosa d'Oeste.

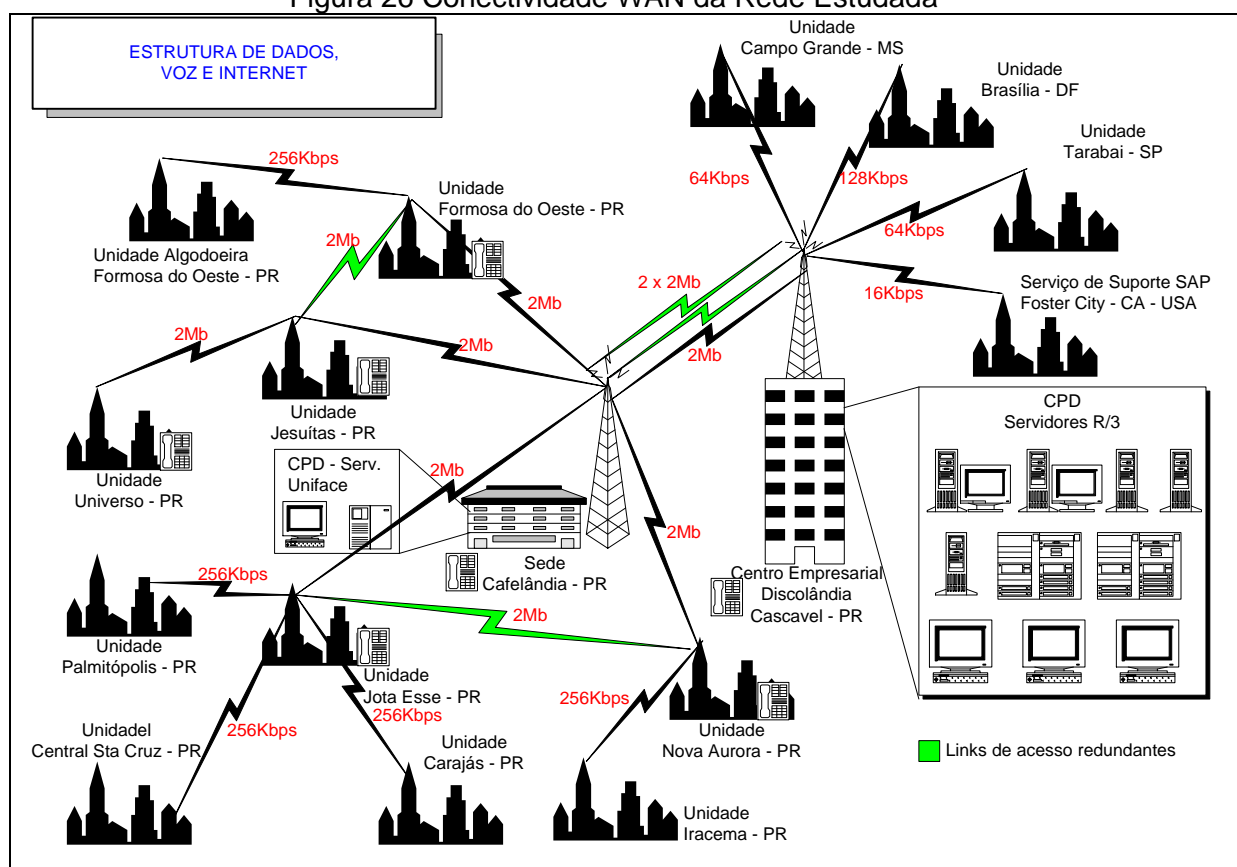
As unidades que tiveram o survey apropriado para a solução de conectividade via radio foram: Formosa do Oeste, Algodoeira, Mercado, Jesuitas, Universo, Palmitópolis, Central Santa Cruz, JotaEsse, Carajás, Nova Aurora, Iracema e Cafelândia, todas no oeste do Paraná.

As unidades atendidas por operadora foram: Cascavel, Cafelândia, Campo Grande – MS, Brasília no DF, Tarabai – SP, e a conectividade com o serviço de suporte da SAP, em Foster City – CA – USA, voltado para atendimento a chamados do sistema corporativo “R3”.

A Figura 26 ilustra a conectividade WAN da rede da Empresa, onde também estão documentadas as bandas passantes disponíveis por enlace. Pode-se observar o ponto de Cascavel e a conexão com Cafelândia, assim como a

distribuição da conectividade das unidades.

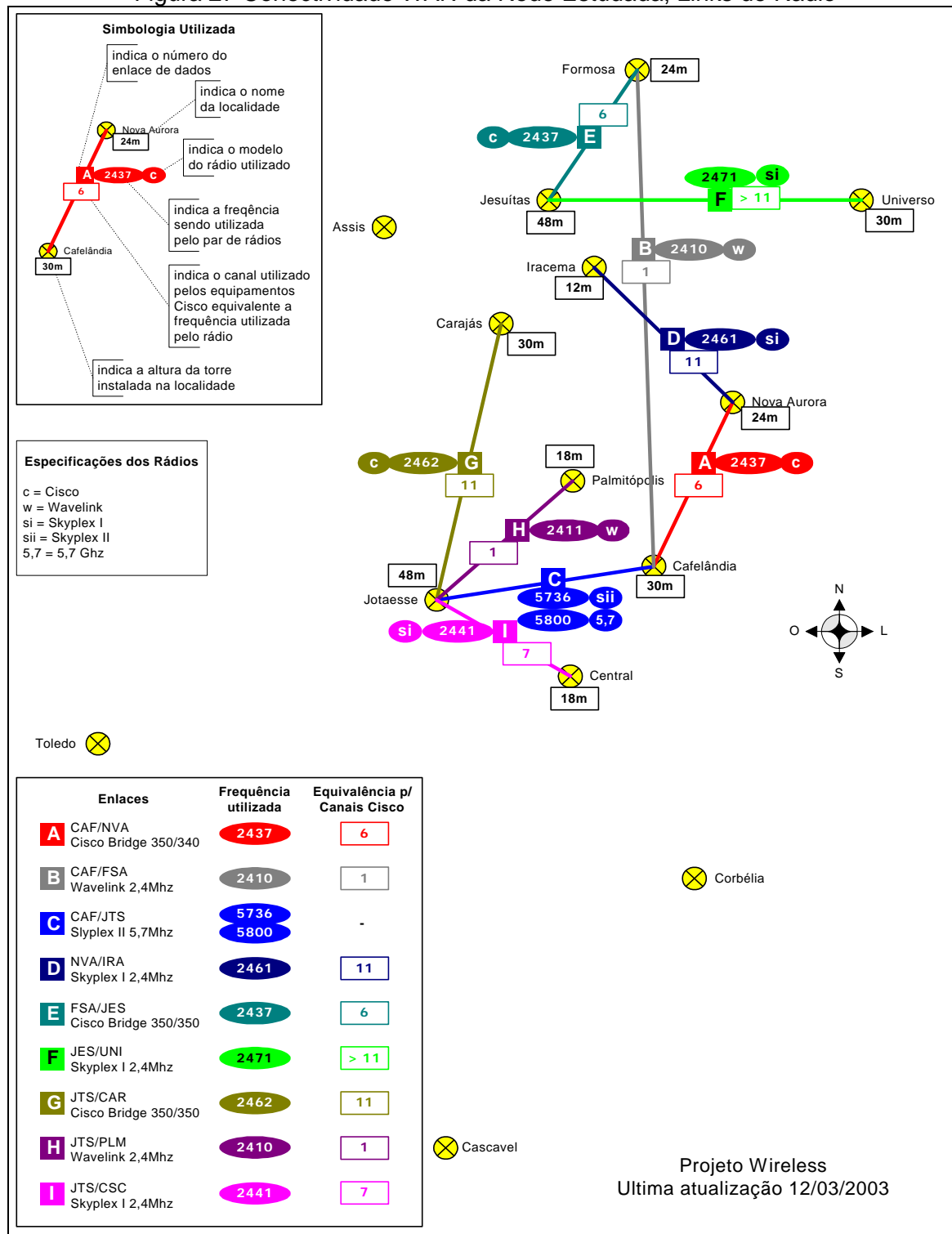
Figura 26 Conectividade WAN da Rede Estudada



Fonte: Documentação equipe de rede – Cascavel (2003)

A Figura 27, mostra a conectividade via radio adotada como solução de conectividade WAN das unidades com a Sede e os *links* redundantes ligando as unidades entre si.

Figura 27 Conectividade WAN da Rede Estudada, Links de Radio



Fonte: Documentação equipe de rede – Cascavel (2003)

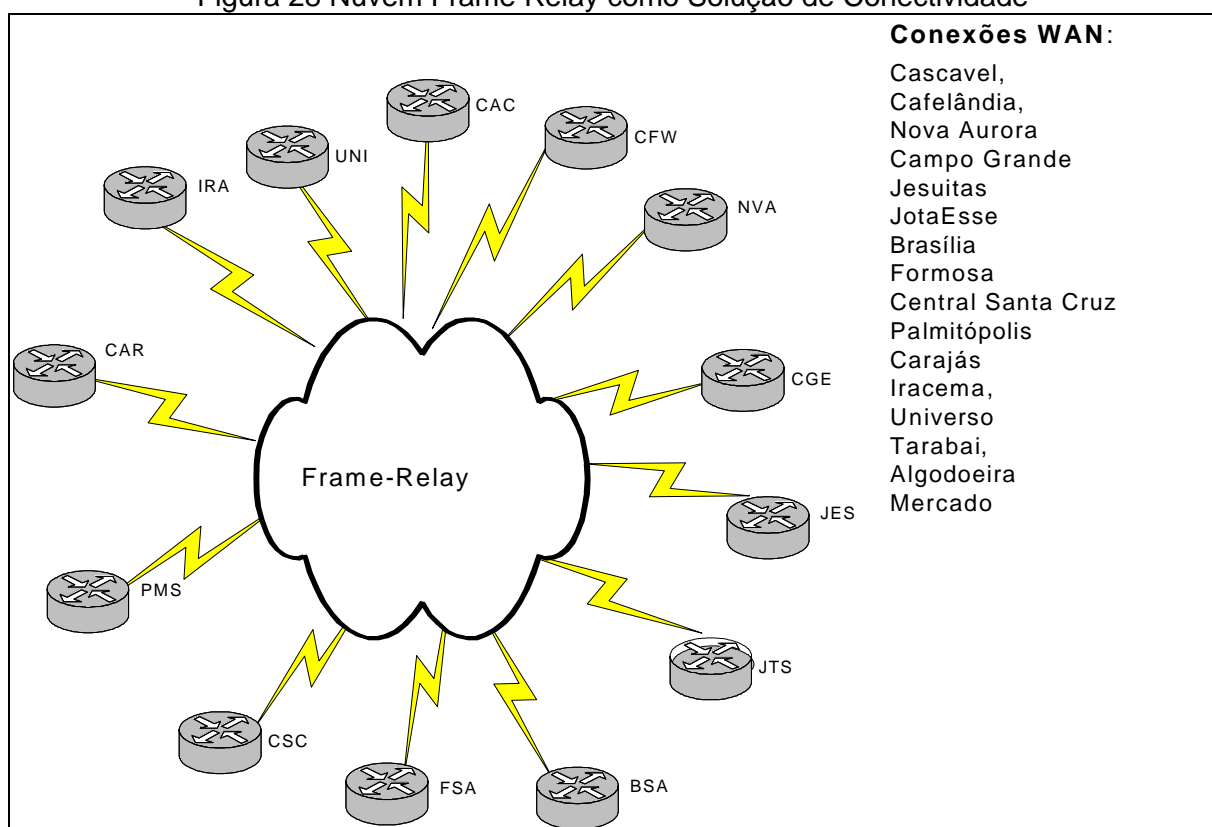
Uma vez definida a topologia de conectividade da rede WAN, adotou-se então a solução de que a mesma funcionaria como uma grande nuvem frame-relay, sendo a porta principal desta solução, localizada em Cascavel, tendo as unidades com exceção das unidades atendidas pela solução via rádio, se conectado a Cascavel através da rede frame-relay da Embratel. Ficando então a Sede em Cafelândia e as unidades de Campo Grande, Brasília e Tarabai conectadas a Cascavel formando uma rede frame-relay totalmente privada. As unidades que não se conectam em Cascavel, também utilizam o protocolo frame-relay como protocolo de rede WAN, disponibilizado através dos Cisco IOS residentes nos roteadores CISCO, core da rede e nos roteadores de distribuição da rede.

A unidade de Foster City com conexão a Cascavel também pela Embratel mas através do serviço fornecido pela operadora chamado IP Intranet, tendo como protocolo de rede o protocolo IP e não o frame-relay, usando para isto o backbone Internet da Operadora. Embora apenas algumas unidades se conectem através da rede frame-relay da Embratel, os três enlaces frame-relay Cascavel-Cafelandia, suprem a Sede da Empresa em Cafelândia, pelo core da rede. O core da rede esta fundamentado sobre quatro

roteadores Cisco, das linhas router 2500, 2600 e 3600. Sendo dois deles instalados fisicamente em Cascavel e dois em Cafelandia.

Uma vez adotado o protocolo Frame Relay como o protocolo da rede WAN e protocolo OSPF –Open Shorteste Path First como protocolo de roteamento, adotou-se também a solução Full Mesh na configuração da rede, com a disponibilização de vários PVC criados ligando os diversos enlaces, de forma a disponibilizar caminhos alternativos para os pacotes que trafegassem na rede e como consequência uma maior disponibilidade da topologia como um todo.

Figura 28 Nuvem Frame Relay como Solução de Conectividade



Fonte: Documentação equipe de rede – Cascavel (2002).

Todos os sites, no nível de distribuição da rede, foram configurados com rotas dinâmicas e com vários PVC's atendendo as solicitações da rede. Estes roteadores sempre possuem uma conexão com os roteadores core da rede, e em algumas unidades, ligados diretamente entre si. Contudo, a menos que o tráfego seja entre unidades diretamente conectadas entre si, a maioria dos pacotes, acabam sempre passando pelo core da rede.

A solução de rede local LAN, esta toda calcada no protocolo TCPIP e em alguns casos no NetBui, sendo seus equipamentos também da linha CISCO, com modelos e capacidade de processamento definidos e dependente da topologia de LAN e WAN em questão. Para locais que centralizam a conectividade WAN de mais de uma unidade, estão adotados routers Cisco da Linha 2600, para localidades chamadas fim de linha ou secundárias, estão adotados roteadores da Linha 1600, 1700, 2500, etc. Conforme a necessidade específica local de cada uma.

Internamente como solução de software, os micros clientes usam plataforma Windows 98 e Windows 2000. Vale documentar que testes de acesso aos serviços de gestão estão sendo feitos sobre o sistema operacional Linux. Contudo conclusões claras sobre uma possível migração das plataformas clientes para o sistema operacional Linux ainda encontram-se incipientes. Como software de gestão é usado o R3 da SAP, utilizando banco de dados Oracle, sistema operacional Solaris com plataforma de hardware, disponibilizada em servidores SUN e totalmente hospedados no CPD em Cascavel. Alguns poucos sistemas que não foram migrados têm seus servidores rodando sobre o banco de dados Informix também em plataforma SUN e sistema operacional Solaris, hospedados na própria Sede da Empresa. O sistema de RH, também hospedado na Sede, tem como servidor uma plataforma Intel dual com sistema operacional Windows 2000, fazendo acesso também ao banco de dados Oracle, hospedado na mesma plataforma SUN onde está hospedado o Informix.

7.2 A solução de Telefonia

A primeira solução de telefonia adotada foi a tradicional, via PSTN, através de centrais Philips e INTEL instaladas em algumas unidades, sendo que nem todas as unidades puderam ser atendidas por fluxos telefônicos, devido a dificuldade de fornecimento de solução da própria operadora de telefonia local. Neste caso algumas unidades foram atendidas por meio de rádio monocal.

O custo da telefonia como já é sabido, tem se tornado altíssimo para as empresas, não sendo diferente neste caso. Por isso após a instalação de conectividade WAN e estabilidade destes links, deu-se a configuração e disponibilização da voz sobre a rede, através da solução de VoFr – Voz sobre

Frame relay, onde foram disponibilizados 12 canais de voz em Cafelandia, 6 em Nova Aurora, 12 canais em Formosa do Oeste , 12 canais em Jesuitas, 6 canais em Universo , 6 canais em JotaEsse e 2 canais de voz em Cascavel. A solução de VoFr vinha atendendo a Empresa com um padrão de qualidade que não era o esperado pela equipe de supervisão da rede. Pode-se dizer que mediante opinião dos usuários, o Mean Opinion Score -MOS estava em torno de 2 e 3, algumas vezes chegando a 4 mas repentinamente ficando degradado e ocasionando algumas reclamações dos usuários da solução.

Foram checadas todas as configurações de voz, capacidade de backplane dos roteadores, esquema de conexão e topologia da rede local e IOS's dos equipamentos que implementavam a solução de VoFr e chegou-se a conclusão que devido ao fato de ter sido a rede configurada como Full Mesh, os pacotes podiam trafegar por diversos caminhos através dos PVC's disponibilizados, ocasionando um tempo de latência dos pacotes de voz em certos momentos muito diferentes e fora dos padrões de QoS, havendo uma degradação da qualidade da voz, em períodos intermitentes, e de difícil mapeamento.

A solução de voz implementava-se sobre routers Cisco da linha MC3810, estes equipamentos então puderam sofrer *upgrade* de memória *flash* , *DRAM* e *bootprom*, ficando assim preparados para suportar uma versão de IOS fornecida pela Cisco, que suporta a solução de VoIP- voz sobre IP. Estes equipamentos após este upgrade, são identificados com routers MC3810-V3. Como toda estratégia apontava para uma rede totalmente IP, e este impeditivo não mais existia, então optou-se por fazer a troca de VoFr paraVoIP.

A configuração de rede como Full Mesh foi retirada, os PVC's também deixaram de existir e o roteamento dos pacotes de voz passou a ser estático.

Adotou-se então a solução de VoIP. Vale salientar que não foram esgotados os recursos para a solução de VoFr nem tampouco pode-se afirmar que uma é melhor que a outra. A decisão tomada em se trocar o protocolo para o IP, pesou por questões de flexibilidade de gerenciamento da solução, recursos de QoS e estratégia da :Empresa, em possuir uma rede toda IP. Em paralelo a esta alteração, o tráfego de dados das unidades também passou a ser estático, ficando roteamento dinâmico apenas entre os links de fluxo de dados entre Cascavel e Cafelândia , que ficaram distribuídos da seguinte forma: 2 links de 2Mbps para fluxo de dados, e 1 link de 2Mbps para voz.

Após a implantação da solução de VoIP pode-se coletar novos dados com os usuários da rede de tal forma a se concluir que o MOS atual da solução de telefonia gira em torno de 3 e 4 e em alguns locais pode-se garantir que o MOS é 5. Este é um outro aspecto que esta sendo avaliado. O porque de algumas unidades possuírem um MOS inferior em comparação com o de outras unidades, sendo a solução adotada, a mesma, e consumo de banda baixo. Este assunto continua com pauta de estudo entre os gerentes da rede.

Hoje convivem solução de VoIP com a rede PSTN, através dos *gateways* de voz MC3810-V3 em algumas unidade, em outras roteadores da linha 827-4V, através de fluxo ADSL, e na Sede como ponto concentrador, um Access Server 5300. As unidades de Nova Aurora, Jesuitas, JotaEsse, Formosa e Cafelândia tiveram a CPU de suas centrais Philips PBX IS3030, atualizadas para o modelo 3000. Empenha-se no momento para implementar todas as facilidades disponiveis nestas centrais, para que passem a funcionar como um único PBX e tenham a rede de VoIP como suporte.

As dificuldades para a implementação total da solução, é a das restrições de

conectividade no momento de implementação da solução, quando os *gateways* de voz embora totalmente dentro das especificações do fabricante, não conseguem disponibilizar certos recursos necessários na conversação com o PBX através das sinalizações previamente exigidas. Não se pode concluir de que lado esta a restrição, se do lado do PBX ou do lado do *Gateway*. No entanto cada fabricante defende seu equipamento e sua solução como pronta para implementar por completo a solução desejada. Ficando por conta dos gerentes da rede, a criatividade e o talento para que tais questões possam ser resolvidas.

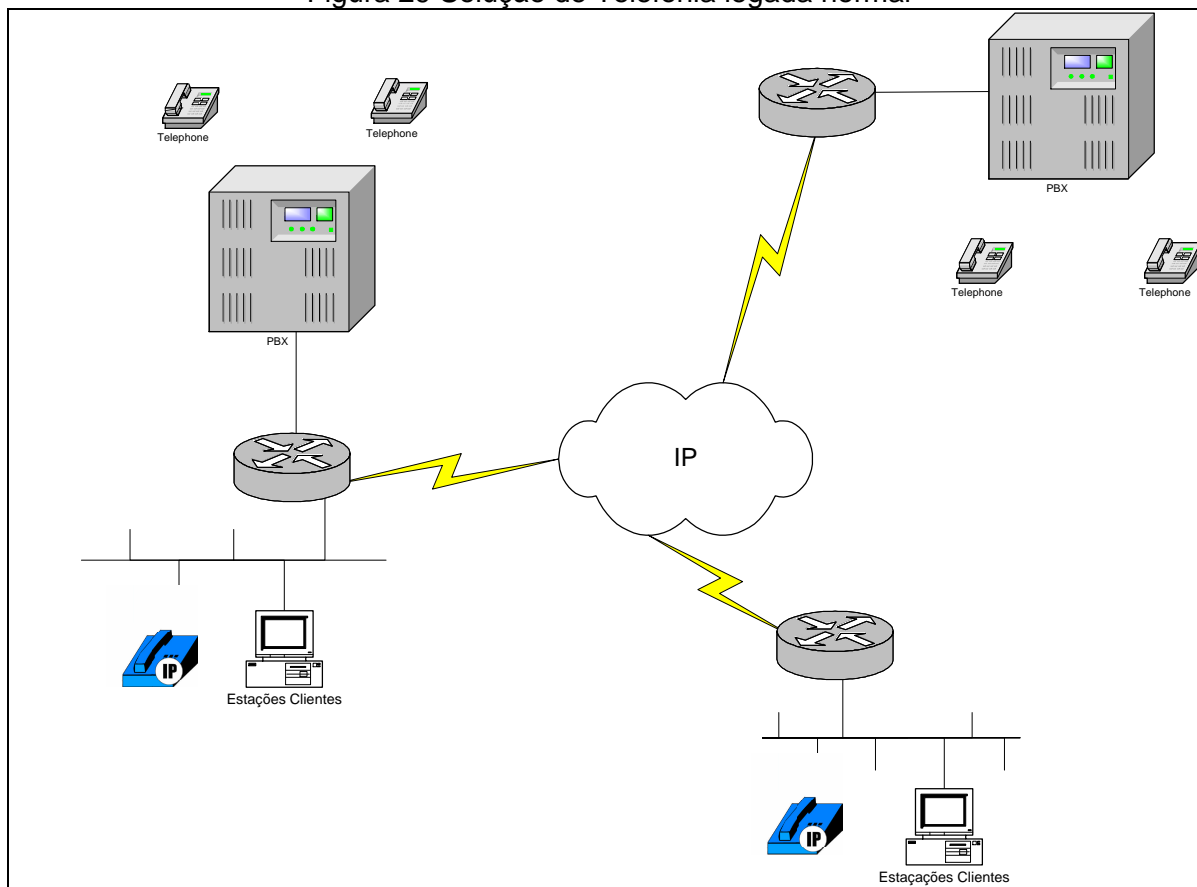
Outra dificuldade é a de relacionamento com os fornecedores do PBX, tendo a empresa que depender de um único fabricante. Ficando o cronograma de implantação dependente da disponibilidade dos mesmos.

A estratégia é de depender cada vez menos dos fabricantes e mantenedores, tendo treinado pessoal e adquirido softwares de gerenciamentos destes PBX para que seu próprio pessoal, possa administrá-los.

Um outro aspecto que deve se levar em conta são os custos de atualização das Centrais PBX, a manutenção de suas programações e de seu hardware, assim como upgrade de todo o sistema.

A figura 29 – Solução de Telefonia legada normal operando em conjunto com a solução de telefonia via rede de pacotes e centrais PBX funcionando com um único PBX

Figura 29 Solução de Telefonia legada normal



Fonte: Documentação equipe de rede – Cascavel (2002)

7.3 Estratégias futuras, e o que muda na Topologia

Nem bem se considera uma tecnologia estável, já se vislumbra sua substituição por uma outra que possa ser mais eficiente e de menos custos. Hoje o que interessa as empresas modernas, não é o que já está imobilizado em sua estrutura, e sim se tornar mais competitiva. A área de tecnologia é uma das áreas que tem o dever de fornecer meios para este fim, por isso em determinadas situações nem foram utilizados todos os recursos da solução tecnológica em que se investiu, justificando sua depreciação natural, já se vislumbra uma solução nova,

mais eficiente, de menos custos, mais flexível e que abacaba sendo opção quase que obrigatória para empresas que tem e querem continuar a serem competitivas.

Neste caso, com acompanhamento da infra-estrutura de TI, vislumbrou-se no ano de 2002, várias alterações que puderam e ainda vão diminuir de maneira considerável o custo com solução de tecnologia. Vale salientar que não basta querer, é preciso ter meios para tal, deve-se estar atento aos lançamentos dos fabricantes que possam disponibilizar a solução de que se necessita. Neste trabalho, cita-se apenas algumas novas opções tecnológicas implementadas, que foram despertadas durante o acompanhamento da rede, na tentativa de se aperfeiçoar a solução de telefonia existente ou no entanto vislumbrar um ambiente que justificasse a implementação de uma nova solução de Telefonia IP.

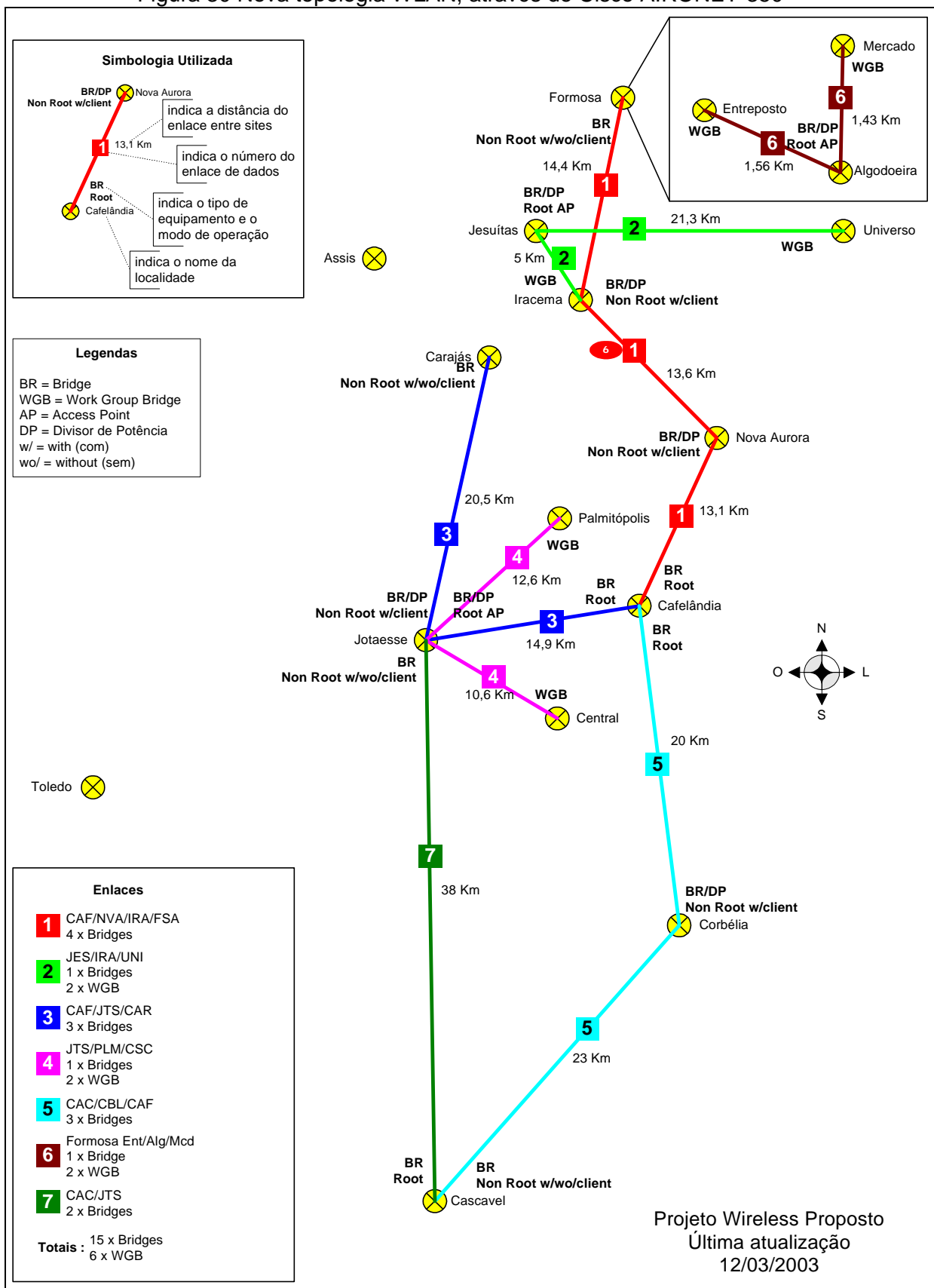
Além da concorrência acirrada das operadoras de telecomunicações oferecendo conectividade por preços extremamente competitivos, pode-se dispor de novas tecnologias que antes não existiam, e que ainda não estão disponíveis, infelizmente em todas as localidades deste imenso país. Para tal as soluções devem se adequar ao que é oferecido no mercado.

Com a solução de links ADSL disponibilizando um IP fixo e com a nova solução da Cisco através dos routers 827-4V que dispõe de uma interface ADSL e pode disponibilizar até quatro canais de voz , pode-se dispor de um link de conectividade WAN, de baixo custo e com 4 canais de voz através de um investimento muito pequeno em relação aos investimentos que deveriam ser feitos em 2000/2001. Deve-se documentar que a solução é para atender unidades com processamento não muito alto de voz e dados. Outro detalhe importante e que deve-se lembrar sempre, é o quesito segurança, visto que a rede WAN que passa a se utilizar não é mais uma rede privativa mas o backbone da Internet mundial, portanto

o domínio e a implementação de VPN- Virtual Private Network, precisam estar também presentes a esta solução. Deve-se levar em conta também questões de qualidade de serviço. O que se pode afirmar é que a solução é eficiente e tem atendido de forma satisfatória algumas unidades que antes tinham um custo mensal altíssimo que não se justificava. Esta solução, vem proporcionando o cancelamento de alguns links Frame-relay que causavam um custo mensal considerável, por unidade.

Outra solução que já está disponível no mercado por um período maior, é a solução de conectividade Wireless LAN da Cisco, a linha Cisco Aironet 350. A solução wireless LAN (WLAN), disponibiliza links de até 11Mbps, opera na frequência de 2,4GHz a 2,4897GHz, e segue o padrão IEEE 802.11b, a uma distância máxima com visada direta que vem sendo considerada para fins de projeto de até 40Km. Existente como solução indoor e outdoor, embora ainda com preços não muito atraentes, esta solução já teve seu custo reduzido em muito, no ano que passou. A Empresa em questão, tomou como meta a troca de toda a solução de radio existente e outro projeto de conectividade WAN será implantado nos próximos meses, adotando totalmente esta solução de conectividade WLAN, além de que tornando a rede totalmente IP, deixando-a preparada para tendências futuras. A extensibilidade do projeto tem uma estratégia comercial muito forte e se justifica totalmente técnica como comercialmente.

Figura 30 Nova topologia WLAN, através de Cisco AIRONET-350



Fonte: Documentação equipe de rede (2003)

Deve-se sempre citar que antes de um projeto desta monta, toda a questão de segurança da rede e de qualidade de serviço, foram levantadas e discutidas, até se chegar a um consenso pela equipe de gerenciamento da rede. Alguns novos e altos investimentos fazem-se necessários mas o saldo total espera-se ser extremamente positivo. Este é um exemplo de que a tecnologia utilizada estava se tornando obsoleta e muito cara para a empresa. Além das distâncias que podem ser atendidas com solução outdoor a uma velocidade de 11Mbps, passa-se a disponibilizar a opção de cancelamento de alguns links, atendidos pelas operadoras e de custo mensal muito alto, em locais onde não é possível também a tecnologia ADSL.

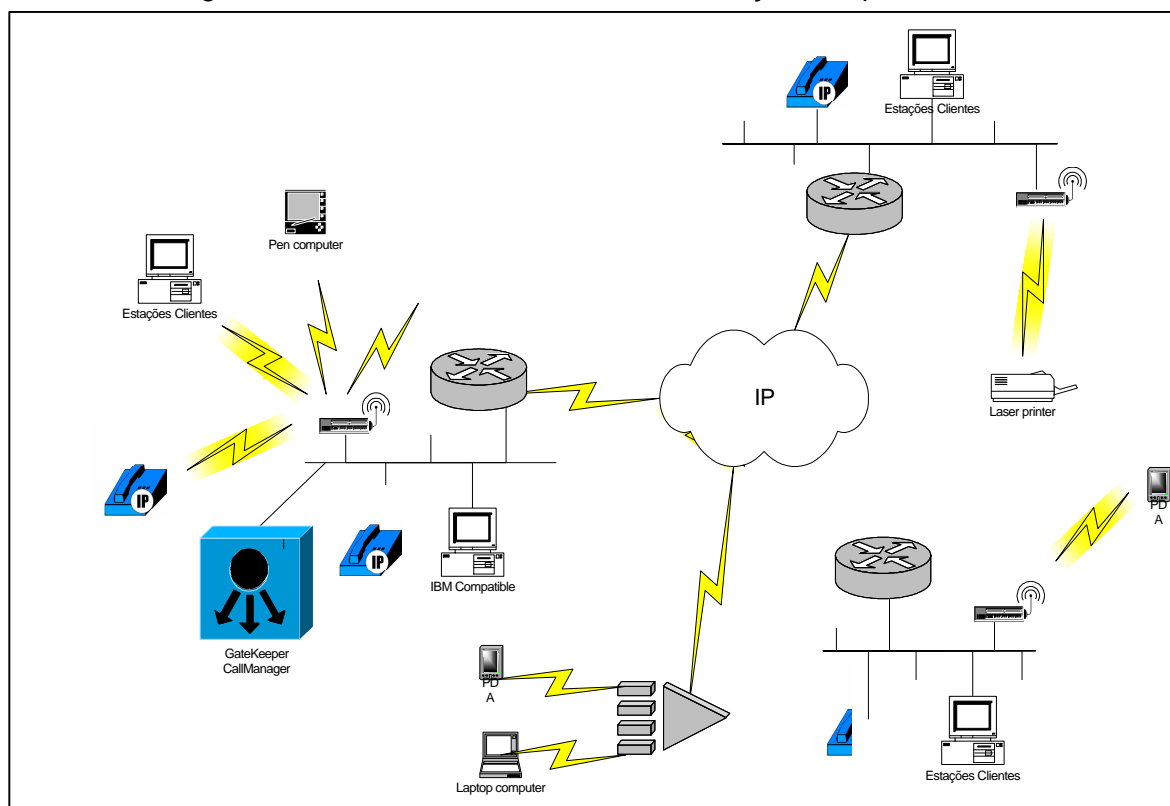
Uma outra visão, é estratégica pois com a adoção desta tecnologia, disponibiliza-se infra-estrutura de conectividade que pode fornecer meios de comunicação/conectividade aos clientes que residem no campo, de tal forma que de suas residências, possam interagir com a Empresa, podendo controlar sua produção, seus custos e ter acesso a serviços tais, que seriam definidos como valores agregados aos produtos e serviços já disponibilizados.

É dentro deste contexto técnico comercial, que se pensou em implantar uma solução de telefonia, que também fosse possível se estender a estes clientes, oferecendo-lhe como mais um serviço de valor agregado disponibilizado pela Empresa.

A partir da premissa de atender o cliente, chegou-se ao seguinte posicionamento: a disponibilização de telefonia para o Cliente é importante mas esta solução deve atender antes as demais unidades da Empresa como um todo, em virtude da dificuldade de infra estrutura de telecomunicações de certas unidades, já citadas anteriormente, além de que deve atender os requisitos de modernidade e

escalabilidade futura.

Figura 31 Telefonia IP e rede Wireless, solução compartilhada



Fonte: Documentação equipe de rede – Cascavel (2003)

CAPÍTULO 8 MATERIAIS E MÉTODOS

Como o objetivo deste trabalho, é o de propor uma tecnologia que melhor forneça uma solução que atenda as necessidades técnicas, operacionais, estratégicas e econômicas da Empresa, adotou-se como material utilizado aquele que representasse fator determinante na seleção desta opção para o ambiente de rede estudado, dentre eles, deve-se citar:

- a) lista de requisitos necessários na implantação da solução de Telefonia IP, extraídos da infra-estrutura de dados existentes, infra-estrutura de telecomunicações, infra-estrutura de energia e cabeamento. Estes requisitos variarão conforme o ambiente de rede existente e são melhor definidos na descrição do Planejamento de uma rede de Telefonia IP, capítulo 5 deste trabalho;
- b) lista de requisitos esperados com a implantação da solução de Telefonia IP, onde foram considerados a disponibilização de uma alta qualidade de voz, integração de aplicações de comunicação sobre uma rede aberta e padronizada, permitindo redução de custos significativos, e diminuição da dependência da tecnologia do PBX tradicional, culminando numa completa solução de telecomunicações. O trabalho melhor documenta estes requisitos, no capítulo 6, quando apresenta a solução Cisco AVVID de Telefonia IP;
- c) orçamento definido, delimitando o domínio de investimento a ser utilizado;
- d) topologia de rede LAN;
- e) topologia de rede WAN;
- f) relação de equipamentos que compõem a rede, sua capacidade de

processamento, recursos de sistema operacional, versão do sistema operacional, interfaces, etc..;

- g) estudo indicando o consumo das bandas dos links existentes. Para a rede estudada, o consumo da banda dos links existentes, na maioria dos links, esta dentro dos padrões especificados para o consumo de banda de uma rede onde convergem dados e voz e vídeo ou seja inferior a 75% da banda disponível. Contudo este item não é um fator de preocupação quando se adota um projeto onde a solução de conectividade WAN passa a ser de 11Mbps para todos os links;
- h) bibliografia sobre o assunto. Definição de conceitos e entendimento primeiro da tecnologia;
- i) artigos sobre as tecnologias de Telefonia IP, disponíveis no mercado, que atendessem aos requisitos esperados, como referência para pesquisa, citam-se os principais sites: www.ieee.org, IEEE Computer Society: <http://computer.org>, www.ipetl.org, www.cisco.com, site do departamento de computação da Universidade de Columbia www.cs.columbia.edu , www.ietf.org;
- j) comparativos sobre estas tecnologias; embora com materias cujo conteúdo se conflitam, onde pode-se observar a tendência pessoal de cada escritor, uma idéia geral pode ser tirada de revistas online tais como: IEEE Distributed System Online, Internet Computing, IP Communications, Computerworld, NetworkWordFusion, Telephony Online, site www.commweb.com/articles, CallCenter.inf.br, CiscoSystems and PACKET magazine, site dos fabricantes 3COM, Avaya, Nortel, Lucent, Siemens;

- K) entrevistas com opiniões pessoais sobre experiências que vem passando empresários que adotaram as mais diversas tecnologias de Telefonia IP, em suas corporações. Também podem ser encontradas nas referências acima citadas;

Quanto a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, deve-se citar em ordem cronológica, primeiramente a existência de uma necessidade técnica bem definida com objetivos e delimitações. Aonde deseja-se chegar e quais as delimitações iniciais para atingir o fim desejado. Tratando-se de uma corporação, nesta fase, existiu uma necessidade tecnológica e estratégica aliada inicialmente a um limitação de recursos previamente estabelecida.

Diante deste ponto de partida, adotou-se então por melhor conhecer a rede existente, levando em conta recursos, topologia LAN e WAN, possíveis gargalos, infra-estrutura de instalação e alta disponibilidade, infra-estrutura de Telecom, mapeamento de pontos onde a adoção de novas tecnologias poderiam vir a proporcionar redução de custos. A opinião dos usuários que utilizam dados e voz, a capacitação dos profissionais envolvidos, a qualidade de suporte oferecido pelos fabricantes, a disponibilidade de fornecimento dos produtos no Brasil, ferramentas de gerenciamento, seus custos, enfim tudo que pudesse envolver e pesar na adoção de uma solução.

Levantadas as informações do domínio da rede considerada, buscou-se conhecer melhor os fundamentos teóricos envolvidos em Telefonia IP, consultando e documentando itens importantes da bibliografia.

A opinião do mercado, suas tendências, e experiências que alguns empresários estão enfrentando foram buscadas e levadas em consideração. Pesquisas nas organizações que desenvolvem os padrões para implementação da

solução de Telefonia IP também foram realizadas, leitura de artigos de especialistas na soluções, tais como os artigos publicados por Henning Schulzrinne e Jonathan Rosenberg, respectivamente dos Departamento de Computação da Universidade de Columbia e dos Laboratórios Bell, defensores do Protocolo SIP e artigos publicados defendendo a recomendação H.323 do ITU-T, destacaram-se como fatores de entendimento da tecnologia.

Cercadas as informações que fizessem um maior entendimento dos fundamentos da tecnologia, os produtos oferecidos no mercado, a realidade do domínio da Empresa proprietária da rede, partiu-se para a fusão de uma solução que dentro do contexto de informações que foram compiladas, melhor se adaptasse tecnicamente e atendesse ao orçamento disponibilizado. Deve-se deixar documentado que o fato de haver um orçamento disponibilizado, este não foi em nenhum momento a maior preocupação quanto a procura de uma solução. Pesando sim, fatores que pudessem continuar garantido a qualidade de conectividade e processamento do sistema Corporativo da Empresa, a qualidade de serviço QoS, a integração com novas aplicações, a escalabilidade em função do parque já instalado, o relacionamento com os fabricantes, a disponibilização de certificações na tecnologia, além de todos os requisitos exigidos e que foram fatores essenciais para o despertar de uma nova solução de Telefonia IP.

CAPÍTULO 9 RESULTADOS

O resultado com o desenvolvimento deste trabalho, despertou primeiramente necessidade de algumas mudanças as quais foram:

Unificação do protocolo de rede WAN do Frame Relay para o IP, criando uma nuvem IP, proporcionando maior facilidade de gerenciamento e novas opções de qualidade de serviço.

Substituição dos links Frame-relay da Embratel que atendiam as unidades de Brasília, Curitiba e Campo Grande por links ADSL, que passaram a operar sobre o protocolo IP, reduzindo com isto custo mensal de conectividade.

Troca de solução de conectividade que antes estava calcada em solução de rádio, para a solução Wireless-LAN Cisco. Permitindo conectividade a uma taxa de até 11Mbps com níveis de serviço e segurança garantindo a operacionalização da rede, facilitando seu gerenciamento e a tornando mais escalável. A topologia da nova solução de conectividade esta apresentada na Figura 30, Capítulo 8.

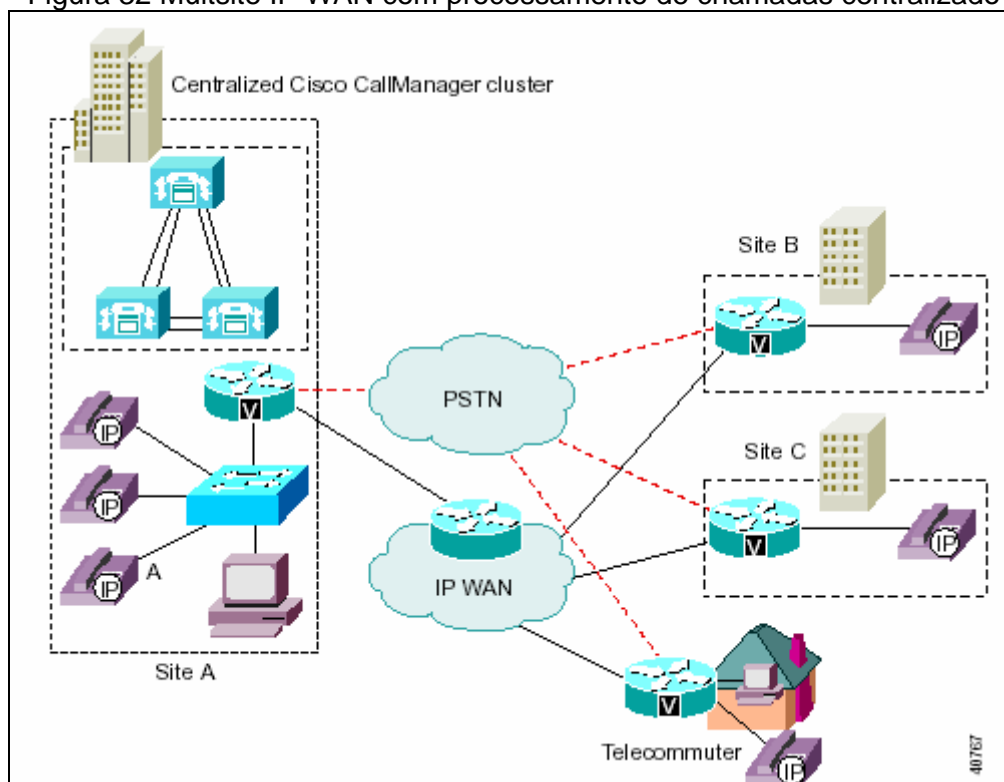
Definição da tecnologia Cisco AVVID – Telefonia IP, como a solução de Telefonia IP, que melhor se adaptará a realidade da Empresa, permitindo o tratamento de toda a rede, como um único PBX, possibilitando a implantação de voz em todas as unidades, a implantação futura dos serviços de *Unified Message* e *Voice mail*, a facilidade de mobilidade de cada membro cadastrado no Call Manager e a implantação de novas aplicações que poderão e continuarão atendendo os planos estratégicos da Empresa.

Após avaliação dos itens constante no processo de planejamento de uma solução de telefonia e da realidade da base instalada, a solução de Telefonia IP Cisco AVVID, que melhor se adapta a realidade da rede estudada, será a definida

como “Multisite IP WAN com processamento de chamadas Centralizado”, onde apenas o site central suportará o Cisco Call Manager, sendo que todos os telefones IP’s servidos pelo cluster, serão registrados no mesmo Cisco Call Manager do site central, em qualquer momento que se fizer necessário. A solução inicialmente atende ao requisito quantidade máxima de usuários autenticados, um máximo de 2500 no site central se interconectando através do H.323, sem limites para os sites remotos. Com suporte para compressão de voz através da IP WAN.

Ainda dentro da solução sugerida, haverá a possibilidade do uso manual da PSTN, se a IP WAN estiver congestionada pelo tráfego de voz (código de acesso a PSTN, devendo ser discado após o sinal de ocupado); Também deverá ser requerida uma opção backup para discagem dos telefones IP’s no caso da IP WAN ‘cair’. Num primeiro momento não será implementada a solução de Voice-Mail e Unified Messaging. Os sites remotos poderão continuar usando o Cisco IO’s, e os gateways deverão ser baseados no *Skinny Station Protocol*. Deve-se realçar novamente que o mínimo de banda requerida para o tráfego de voz é de 56Kbps e para voz , vídeo interativo e dados, um mínimo de 768 Kbps. Em cada caso, a banda alocada pela voz, vídeo e dados não pode exceder a 75% da capacidade total do link. Pode-se observar na figura abaixo, uma topologia genérica para a solução de Telefonia IP sugerida..

Figura 32 Multisite IP WAN com processamento de chamadas centralizado



Fonte: Cisco, Technical Solution Series (2000/2001)

Inicialmente o Access Server 5300, será instalado na Sede em Cafelândia, sendo um gateway concentrador de voz, se conectando através de fluxo E1 também a rede PSTN. É neste equipamento que praticamente se centralizarão todas as chamadas telefônicas das unidades, visto o maior fluxo de chamadas acontecerem das unidades para a Sede da Empresa. A conexão com Cascavel passará a ser realizada sobre um fluxo WLAN de 11Mbps. O roteador MC3810-V3 será gateway de voz em Cascavel, onde estará ligado o fluxo E1 que atende chamadas interurbanas entrantes e saíntes das unidades do Oeste do Paraná e da própria sede através do serviço VipPhone da Embratel. A intenção inicial é implementar uma plataforma de testes com a instalação do Call Manager, telefones IP e os softphones., é compartilhá-la com a solução já existente de VoIP, e facilidades disponíveis pelas Centrais Philips PBX IS3030.

A tabela 10 a seguir apresenta alguns equipamentos mínimos que farão parte

da solução e/ou deverão ser adquiridos para a implantação de um ambiente inicial de testes.

Tabela 10 Equipamentos IP – Plataforma Inicial de testes

Part-Number	Identificação	Custo de Implantação	Descrição
AS5300	Servidor de acesso integrado	Já disponível	Servidor de acesso, integrador das funções de roteador, switch, servidor de comunicação, modems, et
	CISCO IOS Enterprise Plus - Voice Plus	Já disponível	CISCO IOS Enterprise Plus - Voice Plus - imagem c5300-js-mz.122-2.xb2.bin
MC3810	Multi service Access Concentrators	Já disponível	Gateway de Voz
	IP Plus VoATM, VoIP	Já disponível	CISCO IOS IP PLUS VoATM, VoIP, imagem mc3810-a2isvs-mz
	MEM-128M-AS53	US\$ 1.470,99	Memoria DRAM - 128M - requisito do Enterprise IOS Plus para o AS5300
	Memoria FLASH - 16M (expansao)	Já disponível	Memoria FLASH 16M requisito do IP Plus VoATM, VoIP
sw-ipsoftphone1	Cisco IP softphone CD/ 1 licença	US\$ 166,00	1 licença de softphone
sw-ipsoftphone25	Cisco IP softphone CD/ 25 licenças	US\$ 3.056,94	Pacote com 25 licenças
CP-7910	Cisco IP Phone 7910, WITH 10/100 Base T w/Switch (with license)	US\$ 534,00	Telefone IP CP-7910 com swich (2 portas RJ45) e SW para telefone IP
CP-7910	Cisco IP Phone 7940, WITH 10/100 Base T w/Switch (with license)	US\$ 654,53	Telefone IP CP-794 com swich (2 portas RJ45) e SW para telefone IP
MCS-7815-HW	Servidor Cisco (MCS) - Hardware	US\$ 8.796,00	MCS-7815 w/ Call Manager and PWR Cord

Fonte: Cisco, site www.cisco.com/dprg

CAPÍTULO 10 DISCUSSÃO

Estando os objetivos muito claros na definição de uma solução de Telefonia IP, procurou-se além dos conhecimentos e definições bibliográficas, a opinião do mercado, e alguns estudos de caso. Após a leitura de inúmeros artigos, opiniões, comparações e estatísticas, não resta dúvida que a maioria das empresas galgarão por vontade própria ou pela necessidade da redução de custos, um caminho para este tipo de solução. Pode-se observar que os grandes fabricantes estão investindo pesadamente em soluções de convergência de redes e dentre ela a de Telefonia IP. A opinião dos fabricantes é que é possível a implementação de todas as facilidades das redes legadas de telefonia, numa solução ou seja na sua solução em particular de Telefonia IP. O que pode-se deduzir depois de alguma pesquisa, é que embora esta tecnologia já se apresenta evoluida, ainda há muito a se fazer. A conectividade total da plataforma existente, com a que vai ser implantada, é motivo de muita discussão na rede. Existem alguns empresários com problemas crônicos de conectividade e escalabilidade em suas redes. Todos os fabricantes garantem suas tecnologias, mas um grande número de recomendações também fazem parte de material colhido..

Outra grande questão é para qual arquitetura se adotar. Aquela que segue o padrão do IETF com o protocolo SIP, afirmadamente muito mais simples do que aquela que segue a recomendação H.323 do ITU-T, menos simples mas mais completa. Alguns pesquisadores defendem a primeira e dão motivos sólidos para sua adoção, outros também o dão para a arquitetura definida pelo ITU-T. Fica logicamente um conflito de idéias e opiniões, que acabam por confundir o profissional que está a procura de uma solução. O mercado parece apontar para o

padrão SIP como o futuro padrão de fato para a solução de Telefonia IP. Resta-se acompanhar.

CAPÍTULO 11 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

11.1 Conclusões

O modelo proposto como solução de Telefonia IP em uma rede de soluções mistas, e que se considera melhor atender a plataforma instalada e os requisitos da Empresa em questão, é o modelo disponível na solução Cisco AVVID de Telefonia IP, mais especificamente na configuração “Multisite com processamento de Chamadas centralizado”, . Esta solução garante o fabricante, é comprovadamente testada e dinamizada podendo assim garantir a funcionalidade e uma completa interoperabilidade entre as unidades que constituem a rede.

A solução Cisco AVVID além de fornecer a orientação de especialistas, é de fácil compreensão, podendo melhor proporcionar a integração dos equipamentos e aplicações, visto ser a rede estudada, operacionalizada sobre esta tecnologia.

Além dos custos operacionais que podem ser reduzidos, o aumento de oportunidades e produtividade, redução de custos de viagem, aumento de segurança e controle, um fator que muito pesou para a escolha desta solução, é o de que o caminho para o crescimento e melhorias apresentam-se como um ponto muito forte da solução. O investimento tem que estar voltado para o futuro, deve proporcionar escalabilidade para encontrar necessidades futuras e caminhos fáceis para o crescimento, incluindo tecnologias emergentes e mais adiante novas funcionalidades.

A avaliação de cada site da rede proporcionou um melhor entendimento da topologia instalada, despertando a necessidade de novos projetos e substituição ou *upgrade* de equipamentos que apresentavam sua capacidade de processamento

comprometida. Um outro fato que se pode comprovar é a necessidade da implantação efetiva de ferramentas de gerenciamento pois para garantir os níveis de serviço exigidos, processos devem ser especificados de maneira a afastar que possibilidades de gerenciamento empíricas se estabeleçam.

Dentre os projetos despertados em virtude da implantação da solução Cisco AVVID de Telefonia IP, cita-se:

- a) troca do protocolo de conectividade WAN do Frame-relay para o IP em toda a rede, criando-se então uma nuvem IP em substituição a nuvem Frame-relay, inicialmente implantada como solução;
- b) projeto de conectividade WAN, através de troca de radios por equipamentos CiscoWireless LAN, proporcionando uma redefinição da topologia de conectividade WAN;
- c) projeto de redimensionamento dos domínios de LAN. Detectou-se que alguns domínios atingiram uma dimensão tal que vem prejudicando a performance da rede em determinados momentos;
- d) substituição de links Frame-relay em algumas unidades, por links ADSL, proporcionando uma redução de custo mensal com o cancelamento da contratação destes circuitos;
- e) quanto a solução de voz VoFr, inicialmente implantada, a mesma não estava atingindo um nível *Mean Opinion Score* -MOS que representasse uma boa prestação do serviço. No entanto, não se perseguiu uma solução dentro da tecnologia VoFr, preferiu-se aguardar. Após a troca do protocolo de rede WAN, do Frame-relay para o IP e em paralelo a disponibilização de recursos de VoIP nos *gateways* de voz da rede, MC3810-V3, adotou-se a solução de VoIP, agregando esta solução à

estratégia da Empresa em ter sua rede WAN e LAN e seus serviços operando sobre o protocolo IP. O nível MOS apresenta-se melhor, mas em alguns casos ainda comprometido. Espera-se que a reformulação dos domínios da rede possa vir a solucionar a questão.

11.2 Recomendações

Mesmo havendo a limitação para a implantação da solução de Telefonia IP no prazo de execução deste trabalho, O desenvolvimento da pesquisa, como citado anteriormente culminou na necessidade de novos projetos além da solução de Telefonia IP. Para cada projeto que será implementado, abrem-se portas para novas pesquisas.

Na troca de conectividade WAN para WLAN, abre-se espaço para a documentação da fase de implantação, soluções de segurança, métodos de conexão dos links WAN na rede LAN de cada site, comparação dos níveis de ganho teóricos com os níveis de ganho efetivos após a instalação de cada enlace *wireless* em relação a topologia do terreno, altura de torres, ganho das antenas e qualidade da instalações, enfim uma gama enorme de assuntos que podem se abordados e imediatamente documentados pois o projeto já esta em fase de execução.

A questão do gerenciamento da rede também é um área onde pode ser proposta uma metodologia, com as ferramentas fornecidas pela Cisco, através da família de ferramentas de gerenciamento de redes *CiscoWorks*. Podendo-se explorar, apenas como exemplo, a conectividade *Wireless* LAN, o controle de QoS, os níveis de serviço ponta a ponta, o monitoramento da Telefonia IP, o gerenciamento dos *routers* da rede, o gerenciamento das LAN de cada site, etc,etc.

Nas conectividades adotadas por meio da solução de ADSL, tem-se em

conjunto a implantação de *Virtual Private Networks* -VPN's, despertando também opções de documentação de performance, qualidade de serviço, qualidade da voz em relação a outros tipo de conectividade , entre outros.

Pretende-se, antes da implantação da plataforma de teste da solução de Telefonia IP, executar a redistribuição dos domínios da rede LAN. Aqui abre-se também oportunidade para estudos e comparações que podem ser documentados abrindo espaço para novas fontes de pesquisa.

A plataforma inicial para testes da solução de Telefonia IP que será montada, descrita no capítulo 9 deste trabalho, deverá conviver com a solução de voz VoIP e telefonia legada via PSTN. Proporcionará a oportunidade de documentação de todas as experiências durante a fase de implantação, assim como o resultado do convívio das três tecnologias operando conjuntamente. A realização de testes nesta plataforma gerará subsídios para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATES, R. "BUD"; GREGORY, D.W. Voice & Data Communications Handbook, Berkeley, California, MacGraw-Hill, 4 ed., 2001.

BRANDEN, R.; ZHANG, L.; et al. Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification, RFC 2205, September 1997 [Rsvp_2205]

BRADNER, S. Internet Telephony: Progress Along the Road, Internet Computing, Vol. 6, No. 3 May/Jun 2002.

BOCKLUND, L. VoIP is in your future, NetWorldFusion, Jan 2003, disponível em www.nwfusion.com.

CALLCENTER.inf.br, Estudos apontam crescimento no segmento de Telefonia IP, Grube Editorial, Jan 2003.

CAPTARIS, IP Telephony, The Vision, the Reality, and the Captaris Role in this Emerging Market, Jan 1, 2003, disponível em research.telephonyonline.com/.

CAO, F.; FANG, H., CONLON, M. Performance Analysis of Measurement-Based Call Admission Control on Voice Gateways, Packet Telephony Division, Cisco Systemms, INC.

CELLULAR ITALIA, Motorola, Avaya e Proxim: sviluppo di nuove soluzioni di comunicazione che unisco cellulari, Wi-Fi e Telefonia IP, Jan 2003, disponível em www.celularitalia.com.

CISCO. System, Inc

_____. Artigo: Architecture for Voice, Video and Integrated Data, 2000, disponível em www.mude.com.br.

_____. Artigo: AVVID IP Telephony Solution Overview, disponível em www.cisco.com, categoria Networking Solution ,2002[CiscoAVVID]

_____. Artigo: The Strategic and Financial Justification for IP Communications, 2002A, disponível em www.cisco.com.

_____. Artigo: Voice over IP – Per Call Bandwidth Comsupton, May 2003.

_____. Documentation: Multiservice Access Technologies, 1999, disponível em www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/multiacc.htm.

_____. Documentation: Cisco IP Communications Optimizes Enterprise Business Communications, IP Communications, Enterprise Solutions, 2002, disponível em www.cisco.com.

_____. Entrevista: Por que a Telefonia IP da Cisco garante retorno de investimento, Nov 2001.

_____. About: Managed IP Telephony Services: Something to Talk About, disponível em www.cisco.com, Categoria Business Industries – Service Provider, 2003 [Busilnd]

_____. PACKET magazine: Tecnology - SIP Goes Mainstream, Volume 13, No. 2,

second quarter 2001, disponível em www.cisco.com/go/packet/sip.

_____. Chapter 49: Quality of Service Networking, Internet Networking Technologies Handbook, disponível em www.cisco.com, 2000. [Cis-QoS]

_____. RFC's: RFCs – Standards & Technical Publications, disponíveis em <http://www.cisco.com/warp/public/459/index.shtml>, [Cis-RFC]

_____. Service Provider: – Managed IP Telephony Services: Something to Talk About, Jan 2003.

_____. Site www.cisco.com/dprg Guia de Referência de Produtos da Distribuição.

_____. Technical Solution: Series: IP Telephony Network Design Guide, disponível em www.cisco.com, 2000/2001 [Cis-DES]

_____. Technical Solution Series: IP Telephony Network Solution Guide, disponível em www.cisco.com, 2000/2001A [Cis-DES]

COMMWEB.COM, VoIP/IP Telephony Statistics, Oct 15, 2002, disponível em www.commweb.com/article.

COMPUTERWORLD, Voice, Data Vendors Face Off, 2002, disponível em www.computerworld.com.

GOYAL, P.; GREENBERG, A.; et al. Integration of Call Signaling and Resource Management for IP Telephony, IEEE 1999, disponível em <http://computer.org/internet/telephony/w3goyal.htm>.

HANDLEY, M.; SCHULZRINNE, H.; SCHOOLER, E.; ROSENBERG, J. IETF RFC 2543: SIP : Session Initiation Protocol, Jul, 1998. [Art-SIP]

HEIN, M.; Griffiths, D. "Switching Technology in the Local Network - From LAN to Switched LAN to Virtual LAN, Thomson Computer Press, 1997. [Mat97]

HELD G., *Voice & Data Internetworking, Third Edition* McGraw-Hill Professional Publishing, May 2001, 512p. (HELD, 2001)

HOCHMUTH, Phil, IP Telephony Set To Go The Distance in 2003, Jan 06, 2003, Network World, material encontrado no site www.nwfusion.com [NetWFusion]

IETF, "Differentiated Services Working Group", Mar 1998, disponível em <http://www.ietf.org/html.charters/diffser-charter.html>
<http://www.ietf.org/ids.by.wg.diffserv.html> [DiffServ_Charter]

IETF, "Integrated Services Working Group", Sep 2000, disponível em <http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html>

e <http://www.ietf.org/ids.by.wg.intserv.html> (IETF, 2000)]

IETF, "Integrated Services over Specific Link Layers", Jul 2001, disponível em <http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html> [ISSLL_Charter]

IETF, "Multiprotocol Label Switching" Working Group, Jan 2003, disponível em <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html> e

<http://www.ietf.org/ids.by.wg/mpls.html> [LDP_Spec] ou Mpls_Charter

GALITZINE, G. Pulling Togheter – Interoperability Through Open Standards, Internet Telephony Special Focus, Oct 2000, disponível em www.tmcnet.com/articles/itmag/1000/1000spec_focus.htm.

ITU, Control Protocol For Multimedia Communication, Recommendation H.245, ITU-T, Geneva, Switzerland, Feb. 1998. [ITU-CONT]

ITU, Media Stream Packetization And Synchronization On Non Guaranteed Quality Of Service Lans, Recommendation. H.225.0, ITU-T, Geneva, Switzerland, Nov., 1996. [ITU-MSTRE]

ITU, Packet-Based Multimedia Communications Systems, ITU-T Recommendation H.323. Sep, 1999. (ITU,1999)]

JANSSEN, J.; VLEESCHAUWER, D. D.; et al. Assessing Voice Quality in Packet Based Telephony, Alcatel Bell, May-Jun 2002, disponível em <http://computer.org/internet/>.

JIANG, W.; LENNOX, J.; et al. Integrating Internet Telephony Services, May-June 2002 em <http://computer.org/internet>.

JSMNet : Estado da Arte e P&D em Redes de Computadores, disponível em <http://www.jsmnet.com> (JMSN)

KUTHAN, J. What is Internet Telephony ?, disponível em www.iptel.org, 2001.

LAYMON, R. 4 Technologies to Raise Your Results – Use these four technologies to summon great network potential.

MARCONDES, C.; AGUIAR, et al. Implementação de Gateway de Sinalização entre Protocolos de Telefonia IP SIP/H.323, Núcleo de Computação Eletrônica – UFRJ, May 2002 . (MARCONDES,2002)

MARTINS, J. Qualidade de Serviço (QoS) em Redes IP Princípios Básicos, Parâmetros e Mecanismos, Revista Eletrônica JSMNet Networking Reviews, Set 1 1999. (MARTINS,1999)

MARTINS, J. Redes Corporativas MultiServiço - Caracterização das Aplicações e Parâmetros Básicos de Operação, disponível

em <http://www.jsmnet.com/slides/AnaliseRequisitos/index>, Sep 2000.(MARTINS,2000)

MARTINS, M. R. Ouvir Falar, Introdução à Fonética do Português”, 3a. Edição, Editora Caminho, SA, Lisboa, 1998, 187p. [Ouv88]

MCCABE, D. J. Practical Computer Network Analysis and Design, Morgan Kaufmann Series in Networking, 1998. (MACCABE,1998)

MELVIN, H. Murphy, L. Time Synchronization for VoIP Quality of Service, University College Dublin Ireland, May-June 2002, disponível em <http://computer.org/internet/>.

MITCHELL, R. L., Voice, Data Vendors Face Off, May 2002. Computerword, disponível em

www.computerworld.com [CompWord]

MITCHELL, R. L. Good IP Telephony Help Is Hard to Find, Computerworld, May 2002A, disponível em www.computerworld.com.

HOCHMUTH, P. IP telephony set to go the distance in 2003, NetworkWorldFusion, Jun 2003, disponível em www.nwfusion.com.

NICHOLS, K.; BLAKE, S.; BAKER, F.; BLACK, D. Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, RFC 2474, December 1998.[Dscp_2474]

RFC 2205 – Resource ReSerVation Protocol (RSVP), Functional Especification, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt> [RFC-2205]

SHULZRINNE, H; ROSENBERG J. The IETF Internet Telephony Achitecture and Protocols, Columbia University e Bell Laboratories-Lucent Technologies, Jun. 1999. [Art-IETF]

SHULZRINNE, H; ROSENBERG J. A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony. Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV), Cambridge, Inglaterra, Julho, 1998. [Art-comp]

SHULZRINNE, H; ROSENBERG J. IETF- Protocols for IP Telefony , Dept. of Computer Science Columbia University e Jonathan Rosenberg, Bell Laboratories, December 9, 1998A. Disponível em <http://www.iptel.org>. [Art-Pitt]

SHULZRINNE, H; CASNER, S.; FREDERIK R.; JACOBSON V. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC (Proposed Standard) 1889, Internet Engineering Task Force, Jan., 1996. [Art-RTP].

SINGH, K.; SCHULZRINNE, H. Unified Messaging using SIP and RTSP. IP Telecom Services Workshop, Atlanta, Georgia, EUA, 11 de setembro de 2000. [Art-UNME]

SITE, OpenH323/OpenGatekeeper , disponível em <http://www.openh323.org> [SIT-H323]

SOULHI, S. Telephony over packet networks, COMPUTER research Institute of Montreal, IEEE Canadian Review, 1999.

STEVENS, W. R., TCP/IP Illustrated - The Protocols, Vol. 1, Addison-Wesley, 1994. [Ste94]

TANEMBAUM, S. A. Computer Networks, 3rd edition, Prentice-Hall, 1996 [Tan96]

TANENBAUM, S. A. Redes de Computadores, Editora Campus, Rio de Janeiro 1997, 4ª edição, 923 p.

XAVIER, S., Monografia Voz Sobre IP na PBH, 2000, disponível em [www.pbh.gov.br/informatica/programa-formação/especializacao/sidney.pdf](http://www.pbh.gov.br/informatica/programa-formacao/especializacao/sidney.pdf)

YAVATKAR R.; Hoffman D., Bernet Y., Baker F., SBM (Subnet Bandwidth Manager): A Protocol for RSVP-based Admission Control over IEEE 802-style networks, May 1999, <draft-ietf-issll-is802-sbm-08.txt>, Work in Progress. (YAVATKAR, 1999)

3COM, site 3Com Corporation, disponível www.3com.com

_____. Data sheet: SuperStack 3 NBX, Networked Telephony Solution R4.0, Aug. 2001.

_____. Notícias e eventos: 3Com duplica a capacidade do sistema NBX de Telefonia IP, Jul 2002.